Volume 11. — N° 3 *(Trimestriel)*. Juillet-Août-Septembre 1960

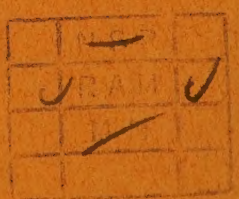
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

ANNALES DE L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

SÉRIE C

ANNALES DES ÉPIPHYTIES

PATHOLOGIE VÉGÉTALE - ZOOLOGIE AGRICOLE
PHYTOPHARMACIE



COMMONWEALTH MYCOL
17 MAY 1961

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

AVIS AUX LECTEURS

La liste des Annales publiées par l'Institut s'établit comme suit au 1er janvier 1961 :

ANNALES AGRONOMIQUES. — Agronomie générale et science du sol — 6 fascicules par an.

ANNALES DE PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — 4 fascicules par an.

ANNALES DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES. — 4 fascicules par an.

ANNALES DES ÉPIPHYTIES. — 4 fascicules par an.

ANNALES DE L'ABEILLE. — 4 fascicules par an.

ANNALES DE ZOOTECHNIE. — 4 fascicules par an.

ANNALES DE TECHNOLOGIE AGRICOLE. — 4 fascicules par an.

Une nouvelle série sera publiée en 1961 : **LES ANNALES DE BIOLOGIE ANIMALE, BIOCHIMIE, BIOPHYSIQUE** — 4 fascicules par an.

PUBLICATIONS RÉCENTES :

LA PHYSIOLOGIE DE L'INSECTE : Les grandes fonctions, le comportement, écophysiologie, par R. Chauvin. Un fort volume relié de 918 pages ..... **35** NF ; Franco ..... **38** NF

LA PHYSIOLOGIE DU VER A SOIE, par J.-M. Legay. Une plaquette brochée..... **8** NF ; Franco ..... **8,50** NF

VIENT DE PARAITRE :

MALADIES A VIRUS DES PLANTES ET MÉTHODES DE LUTTE, par P. Cornuet. Un ouvrage in-8° cartonné de 440 pages ..... **35** NF
Franco ..... **38** NF

PROTECTION ACOUSTIQUE DES CULTURES ET AUTRES MÉTHODES D'EFFAROUCHEMENT DES OISEAUX, par R.-G. Busnel et G. Giban. Un ouvrage 17 × 24,5, cartonné de 240 pages..... **25** NF ; Franco..... **28** NF

Les commandes d'ouvrages doivent être adressées au Régisseur des publications, 149, rue de Grenelle, Paris-VII^e^.

Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des publications, par virement postal, à son compte courant : Paris 9064-43 ou par bons U.N.E.S.C.O.

INTERACTIONS ENTRE UNE CHLORO-AMINO-TRIAZINE HERBICIDE ET LA MICROFLORE FONGIQUE ET BACTÉRIENNE DU SOL

PAR

J. GUILLEMAT

M. CHARPENTIER, P. TARDIEUX, J. POCHON

Laboratoires de Recherches de la Chaire de Botanique,
École Nationale d'Agriculture, Grignon.
Institut Pasteur, Service de Microbiologie du Sol, Paris.

PLAN DU MÉMOIRE

Introduction.

Terres utilisées et protocole expérimental.

Techniques d'analyse.

Activité biologique globale.
Mycoflore.
Microflore bactérienne.

PREMIÈRE PARTIE

Action de la Simazine sur la microflore tellurique.

Action sur la mycoflore.
Action sur la microflore bactérienne.

DEUXIÈME PARTIE

Essai de détermination d'une dose toxique.

Influence sur l'activité globale.
Dose toxique pour la mycoflore.
Dose toxique pour la microflore bactérienne.

TROISIÈME PARTIE

Recherche de souches métabolisant la Simazine.

Évaluation de la rémanence en champ.
Souches fongiques.
Souches bactériennes.

Conclusions générales.

INTRODUCTION

L'un des problèmes majeurs posés par l'emploi des substances herbicides est de savoir si, outre leur pouvoir phytocide, elles n'ont pas une action bactéricide ou fongicide sur la microflore tellurique ; microflore dont on sait par ailleurs le rôle capital dans la biologie et la fertilité des sols, à tel point qu'une simple perturbation de son équilibre peut avoir des répercussions sur les processus d'humification de la matière organique ou de minéralisation de l'humus formé, avec toutes les conséquences que cela entraîne pour la conservation du sol.

Toutes les familles chimiques de substances herbicides sont a étudier séparément, cela va de soi, à ce point de vue. Nous envisageons ici l'action d'une chloro-amino-triazine, plus exactement le 2 Chloro, 4,6 *bis* éthylamino-5-triazine (Simazine). C'est la plus connue de la série, déjà utilisée comme herbicide sélectif dans les champs de maïs.

Deux problèmes inquiétaient les chercheurs et les utilisateurs : 1° La simazine se maintenant parfois dans le sol pendant plusieurs mois pouvait-elle détruire ou perturber l'équilibre biologique du sol traité ? 2° La rémanence du produit dans le sol étant variable, selon la nature physico-chimique et chimique du sol traité, pouvait-on envisager l'existence de micro-organismes capables de dégrader la simazine et les autres triazines en les utilisant dans leur métabolisme ?

Nous avons conduit notre expérimentation dans le but de répondre à ces deux questions. Dans une première partie ont été étudiées les modifications éventuelles apportées à la microflore tellurique par les doses de simazine utilisées en pratique agronomique ; la deuxième partie traite d'essais destinés à déterminer une dose toxique ; la troisième partie, enfin, cherche à mettre en évidence l'existence éventuelle d'une microflore capable de métaboliser l'herbicide et donc de jouer un rôle dans sa dégradation dans le sol ; c'est l'aspect biologique de la rémanence.

TERRES UTILISÉES ET PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

1. Les échantillons de terre.

On sait que les herbicides, et en particulier la Simazine, ont une efficacité et une rémanence variables suivant les types de sol, surtout suivant leur teneur en humus et leur pH. Aussi avons-nous expérimenté sur quatre échantillons dont les pH se répartissent entre 5 et 7,8, les taux d'humus entre 0,30 et 1,75 p. 1 000 ; échantillons correspondant à des sols dont le degré d'évolution est également divers puisque leur rapport C/N varie de 6,9 à 12.

Deux sols acides : Sol des Landes (Ponteux-les-Orges) (indexé L) ; Sol de Bretagne (Lescouët-Jugon) (indexé B). Deux sols neutres ou légèrement alcalins : Sol argileux de l'Eure-et-Loire (Ormoy) (indexé M), Sol argilo-calcaire (Grignon) (indexé G). Le tableau I donne leurs principaux caractères physico-chimiques.

TABLEAU I

Caractères physico-chimiques des Terres : B-L-G-M

	B	L	G	M
Carbone	2,62	0,90	1,44	0,76
Azote	0,22	0,07	0,20	0,11
Rapport Carbone/Azote	11,8	12	7	6,98
Humus	1,75	1,46	0,51	0,30
pH	6,4	5	7,8	7,5

Carbone : en grammes %
Azote : en grammes %
Humus : en grammes ‰

2. Préparation des traitements.

Les terres furent bien mélangées et placées en pots. Pour chaque sol nous disposions de 30 pots (20 destinés au traitement et 10 devant servir de témoin non traité). Chaque pot renfermait 7 kg de terre. Le sol humidifié convenablement fut biologiquement homogénéisé pendant 15 jours en plaçant les pots dans une pièce maintenue à 20°. Cette homogénéisation était destinée à établir un équilibre normal de la microflore dans le sol considéré.

Afin de maintenir une humidité constante, les pots étaient arrosés tous les 3 jours avec une dose déterminée durant la « période d'homogénéisation ». L'humidité initiale fut maintenue jusqu'à la fin de l'essai.

Après la période d'homogénéisation les pots furent traités à raison de 6 kg de Simazine/ha (exprimée en matière active). Le traitement

est rapporté à une unité de surface afin de pouvoir être comparé avec les doses utilisées en plein champ.

Un prélèvement fut effectué le même jour, juste avant le traitement, afin d'avoir une première analyse de la microflore de chaque sol étudié.

L'humidité de chaque sol est la suivante :

a) Terre de Bretagne : 17, 36 p. 100 ;

b) Terre des Landes : 11,60 p. 100 ;

c) Terre de Grignon : 19,60 p. 100 ;

d) Terre d'Ormoy : 16,21 p. 100.

3. **Prélèvements.**

Les prélèvements furent opérés 3 semaines après le traitement ; on utilise à cet effet une sonde enfoncée verticalement. On obtient ainsi une « carotte » de terre de 2 cm de diamètre. L'emplacement d'un prélèvement est « marqué » à l'aide d'un tube de verre afin de ne pas revenir ultérieurement sur un point légèrement perturbé. Le reste du pot ne subit ainsi aucun changement.

TECHNIQUES D'ANALYSE

A. — Mesure de l'activité biologique globale.

Nous avons utilisé la méthode qui consiste à doser la quantité de gaz carbonique dégagé par l'échantillon étudié, dans des conditions bien définies.

La technique employée est celle de BÉZIER et CHARLOT. La terre (20 g) imprégnée de la substance à tester est répartie dans une boîte de Pétri, de 17 cm. de diamètre, de façon concentrique, permettant de placer au centre une plus petite boîte de Pétri, contenant de la soude N/10 et quelques gouttes d'indicateur thymol-phtaléine ; la terre a une humidité correspondant aux 2/3 de la saturation. L'ensemble est recouvert d'une plaque de verre réalisant une étanchéité parfaite, et placé à l'étuve à 28°. Chaque jour on enlève la boîte de Pétri contenant la soude, et on la remplace par une nouvelle. Le dosage consiste à déterminer, dans cette boîte de Pétri, la quantité de soude transformée en carbonate de sodium par le gaz carbonique provenant de l'activité bactérienne. Pour ce, on opère par retour, transformant en baryte par le chlorure de baryum, l'excès de soude contenu dans la boîte de Pétri, et on dose par de l'acide chlorhydrique la baryte ainsi formée. Connaissant l'équivalence de 1 ml de soude N/10 en milligrammes de gaz carbonique, nous en déduisons le dégagement de gaz carbonique de la flore de chaque boîte, chaque jour, et pendant 10 jours. Les résultats sont exprimés en milligrammes de CO_2 pour 20 g de terre.

B. — Étude de la mycoflore

Notre intention était d'établir l'inventaire fongique du sol traité et d'apprécier l'évolution de cette mycoflore après traitement à la Simazine.

C'est la méthode des dilutions qui a été retenue. Bien qu'imparfaite (puisque certaines espèces échappent à cette méthode), c'est celle qui convient le mieux à une étude comparative.

Il faut obtenir une répartition très homogène des germes dans les boîtes de Pétri. Afin d'arriver à ce résultat on « dilue » la terre dans l'eau stérile et ensuite dans le milieu d'isolement. On obtient donc, à partir de l'échantillon prélevé, des dilutions au 1/1 000, 1/5 000, 1/10 000, etc.

Ignorant au départ le nombre de germes, on est obligé d'étudier plusieurs dilutions ; sera retenue celle qui permettra d'obtenir dans les boîtes d'isolement 20-30 colonies. En effet il est difficile de « lire » une boîte de Pétri renfermant plus de 40 colonies.

La dilution est faite dans de l'eau stérile. C'est la *préparation de l'inoculum* proprement dit. Un ml de cette dilution représentera donc un poids de terre (sec) bien déterminé. On exprime généralement le nombre de germes par g de terre (poids sec).

Vient ensuite l'opération de l'ensemencement. Le milieu de culture choisi (Malt ou Czapeck) est d'abord réparti en Erlenmeyer à raison de 100 cc par Erlenmeyer. Ces flacons sont maintenus au bain-marie à 40-44°. La gélose reste ainsi en fusion et il n'y a aucun risque de mortalité des germes lors du « coulage des boîtes ». Juste avant de couler les boîtes, l'Erlenmeyer est retiré du bain-marie. Cinq ml de l'inoculum titré (dilution de la terre dans l'eau stérile) sont pipetés et versés dans l'Erlenmeyer renfermant le milieu de culture. Après agitation le mélange est réparti dans 5 boîtes de Pétri (de 10 cm de diamètre). Une légère agitation de la boîte est suffisante pour obtenir une bonne répartition des germes. Pour chaque échantillon on ensemence 10 boîtes de Pétri.

Après solidification du milieu, les boîtes de Pétri sont placées à l'étuve à 20-22°. Elles ne sont reprises que 5-6 jours après et placées pendant 48 heures, sur une table, à la lumière du jour et à la température de la pièce 14-20°. On obtient ainsi un aspect caractéristique et une coloration normale de chaque colonie. L'examen de chaque colonie, est ensuite commencé. Les divers champignons sont étudiés boîte par boîte. On note également le nombre de colonies par espèce afin d'établir la fréquence de chaque champignon. Un chiffre est inscrit au revers de chaque boîte, sous chaque colonie. Chaque espèce est isolée et examinée ultérieurement afin d'établir finalement la liste définitive des espèces présentes ainsi que leur fréquence respective.

C. — Étude de la microflore bactérienne.

Nous avons apprécié : la valeur quantitative de la microflore totale, l'activité des principaux groupements microbiens fonctionnels des cycles de l'azote (fixation, ammonification, nitrification, dénitrification) et du carbone (cellulolyse et amylolyse). Le principe des techniques est le suivant :

Appréciation quantitative de la microflore totale.

Le milieu de culture adopté est l'extrait de terre préparé à partir d'une terre de pH neutre, mélangée à son poids d'eau ; après 24 h de macération on stérilise 1 h à 130° et on filtre à chaud ; après vérification de la neutralité du pH, on répartit en tube à raison de 10 ml par tube et on stérilise à 112° 20 mn. Chacun de ces tubes est ensemencé avec une suspension-dilution de terre à raison de 1 ml par tube ; et on ensemence 5 tubes pour chaque dilution de 10^{-10} à 10^{-5} inclus ; on laisse à l'étuve à 28°.

Une première lecture est faite 7 jours après l'ensemencement et une 2e après 15 jours. On note pour chaque dilution le nombre de tubes présentant une culture et, par la méthode des tables de Mc Crady, on détermine le « nombre caractéristique », puis le nombre de microbes correspondant, en fonction de la dilution.

La fixation de l'azote atmosphérique.

Le **principe** de la recherche des *Azotobacter* et des *Clostridium*, consiste à ensemencer des milieux de culture ne contenant pas d'azote, mais seulement un ose (mannitol) et une solution saline avec des suspensions-dilution de terre, en aérobiose et en anaérobiose.

La **présence des germes aérobies**, *Azotobacter*, sera révélée par l'apparition dans les tubes de culture, en surface, d'un voile épais adhérant aux parois, voile qui se forme à partir du 5e jour après l'ensemencement, qui brunit peu à peu, et risque de se fragmenter et tomber au fond du tube. Il faut donc examiner avec précaution la culture au 7e et au 15e jour. On note, pour chaque dilution, le nombre de tubes présentant un voile.

La **présence des germes anaérobies**, *Clostridium*, est manifestée par le dégagement gazeux que l'on met en évidence dans les tubes de culture ; le milieu de culture, contenant une source carbonée sous forme de glucose, est réparti en tube, et on ajoute dans chaque tube une petite cloche de Durham. Lors de la culture, les gaz qui se dégagent sont mis en évidence dans cette petite cloche. L'examen de la culture se fait comme pour les aérobies, les 7e et 15e jours et on note pour chaque dilution le nombre de tubes présentant ce dégagement gazeux.

L'Ammonification.

Le **principe** consiste donc à incorporer à un milieu liquide un acide aminé, l'asparagine, qui constituera la source de carbone et d'azote. Ce milieu stérile, ensemencé avec des suspensions-dilution de terre, de 10^{-1} à 10^{-8}, maintenu à l'étuve à 28°, sera examiné les 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 11 et 15e jour. Sur chaque prélèvement, et pour chaque dilution, on recherchera la présence d'ammoniaque, par le réactif de Nessler : formation d'un précipité brun-chocolat. Tracer une courbe d'apparition d'ammoniaque en fonction du temps et des dilutions.

La Nitrification.

L'étude de cette fonction de nitrification se divise en deux parties : Recherche des ferments nitreux et recherche des ferments nitriques.

a) *Pour la détermination des ferments nitreux.* Le milieu de culture salin et sans carbone organique contiendra de l'azote minéral, sous forme de sulfate d'ammonium (0,5 p. 1 000). Après 15 jours d'incubation à 28° de ce milieu stérile, ensemencé par des suspensions-dilution de terre, de 10^{-5} à 10^{-1}, on recherche la dilution limite contenant des nitrites ou des nitrates par le réactif à la diphénylamine sulfurique, qui donne en présence des ions NO_2 et NO_3 une coloration bleue.

b) *Pour la détermination des ferments nitriques.* Le même milieu de culture renfermera du nitrite de sodium au lieu de sulfate d'ammonium, à une concentration de 1 p. 1 000. L'ensemencement de ce milieu et la recherche de la dilution limite contenant des nitrates se fera comme pour les ferments nitreux, mais on élimine, avant la réaction, l'excès de nitrites non transformés, en le combinant à de l'urée. Dans les deux cas, calculer le nombre de germes au moyen de la table de Mc Crady.

La Dénitrification.

Pour rechercher cette activité, on apprécie la disparition des nitrates d'un milieu de culture électif, contenant l'azote sous forme de nitrate de potassium (2 p. 1 000) et du glucose, à 10 p. 1 000, comme source de carbone. Ce milieu stérile, ensemencé avec les suspensions-dilution de terre de 10^{-1} à 10^{-8}, est maintenu à l'étuve à 28° pendant 15 jours. Les lectures sont faites les 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 12 et 15e jour.

Les nitrates sont recherchés comme précédemment par le réactif à la diphénylamine : coloration bleue en présence de l'ion NO_3, dans les tubes où la dénitrification ne s'est pas produite. Tracer une courbe en fonction du temps et des dilutions.

La Cellulolyse.

Une gélose nutritive saline, coulée en boîte de Pétri, est ensemencée avec une suspension-dilution de terre, puis recouverte d'une feuille de

papier filtre. Des colonies colorées de bactéries cellulolytiques aérobies apparaissent, qui sont comptées pour chaque dilution d'ensemencement.

L'Amylolyse.

Le **principe** du dosage reposera sur l'ensemencement d'un milieu liquide, où la seule source carbonée est l'amidon, milieu liquide ensemencé par des suspensions-dilution de terre, et dans lequel on recherchera l'hydrolyse progressive, en fonction du temps et des dilutions ; l'indicateur iodo-ioduré mettra en évidence soit la disparition totale de l'amidon : coloration jaune pâle de l'iode, soit la présence de dextrines : coloration variant de l'acajou au rouge-orangé. Il est nécessaire de comparer à un tube témoin, l'amidon non hydrolysé donnant avec l'iode une coloration acajou-violacé.

Les lectures se font les 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 12 et 15^{e} jour et les résultats, après avoir fait la détermination de la dilution moyenne, sont appréciés par le tracé d'une courbe en fonction du temps et des dilutions.

PREMIÈRE PARTIE

ACTION DE LA SIMAZINE (à doses agronomiques). SUR LA MICROFLORE TELLURIQUE

Quatre échantillons de terre, précédemment décrits, ont été traités selon le protocole expérimental indiqué plus haut avec une dose de Simazine correspondant à 6 kg/ha, et les analyses pratiquées trois semaines après contact.

A. — Action sur la mycoflore.

a) *Terre de Bretagne* (B) (voir tableau II).

Tableau II

Essai d'appréciation d'un déséquilibre microfongique sur terres en pots traitées à la Simazine (6 kg/ha).

Terre de Bretagne : B. (Provenance Lescouet-Jugon)

Numéro des souches	Témoin Nombre de colonies isolées	Terre traitée Nombre de colonies isolées	Différence
1	36	41	+ 5
2	14	18	+ 4
4	45	42	— 3
10	50	48	— 2
11	22	27	+ 5
Total	167	176	+ 9

La microflore fongique présentant peu ou pas de différence entre le témoin et le traité, nous n'avons pas dressé la liste totale des colonies et des espèces isolées. Ce sol donnait à l'isolement 100 000 colonies fongiques par gramme de terre pour le témoin et 95 000 pour le traité. Plus de la moitié des champignons isolés figurent sur le tableau II ; les autres espèces n'ont qu'une fréquence faible.

Ces isolements furent effectués sur milieu Malt, acidifié. La dilution permettant la meilleure lecture était celle à 1/5 000.

b) *Terre des Landes* (L) (voir tableau III).

TABLEAU III

Essai d'appréciation d'un déséquilibre microfongique sur terres en pots traitées à la Simazine (6 kg/ha).

Terre des Landes : L (Provenance Ponteux les Orges)

Numéro des souches	Témoin Nombre de colonies isolées	Terre traitée Nombre de colonies isolées	Différence
4	31	20	— 11
21	17	9	— 8
2 PN	20	6	— 14
6 PN	20	8	— 12
17	15	7	— 8
21	18	9	— 9
30	8	6	— 2
3	17	11	— 6
Total	146	76	70

Aucune différence notable entre le témoin et le traité à 6 kg/ha. La flore totale du témoin montrait 80 000 germes au gramme sur le témoin et 72 000 sur le traité.

Le tableau III n'indique la comparaison qu'entre les principales souches isolées.

c) *Terre de Grignon* (G) (voir tableau IV).

Là encore, pas de différence pour l'ensemble de la mycoflore. L'examen du tableau montre un changement dans le comportement de la souche 1. Il s'agit d'un *Penicillium*. Il semble que les *Penicillium* soient parfois favorisés par la Simazine.

Le témoin donna 84 000 champignons par gramme et le traité 82 500.

TABLEAU IV

Essai d'appréciation d'un déséquilibre microfongique sur terres en pots traitées à la simazine (6 kg/ha).

Terre de Grignon : G

Numéro des souches	Terre traitée (Nombre de colonies isolées)			Total	Témoin non traité (Nombre de colonies isolées)			Total	Différence
	Série 1	Série 2	Série 3		Série 1	Série 2	Série 3		
1	27	16	15	58	8	17	11	36	+ 22
11	12	11	14	37	12	11	16	39	— 2
3	11	8	18	37	12	20	13	49	— 12
2	7	5	11	23	6	11	3	20	+ 2
35	2	5	1	8	—	—	—	—	+ 8
34	3	—	1	4	—	—	—	—	+ 4
4	2	10	3	15	9	10	1	20	— 5
17	—	7	—	7	14	2	5	21	— 14
20	1	2	1	4	3	—	—	3	+ 1
39	—	2	2	4	3	—	—	3	+ 1
103	1	2	—	3	—	—	—	—	+ 3
6	—	—	—	—	4	4	—	8	— 8
19	—	—	—	—	2	—	—	2	— 2
14	—	—	—	—	2	—	—	2	— 2
110	—	—	—	—	2	—	—	2	— 2
30	—	—	—	—	—	3	—	3	— 3
41	—	—	—	—	—	2	5	7	— 7
28	—	—	—	—	—	2	—	2	— 2
46	—	—	—	—	—	—	3	3	— 3
117	—	—	—	—	—	—	2	2	— 2
118	—	—	—	—	—	—	2	2	— 2
Total				200				224	— 24

d) *Terre d'Ormoy* (M) (voir tableau V).

TABLEAU V

Essai d'appréciation d'un déséquilibre microfongique sur terres en pots traitées à la Simazine (6 kg/ha).

Terre argileuse : M (Provenance Ormoy — Eure et Loir).

Numéro des souches	Témoin Nombre de colonies isolées	Terre traitée Nombre de colonies isolées	Différence
3	26	21	— 5
1 PN	22	21	— 1
9	16	11	— 5
7	14	10	— 4
5	10	8	— 2
31	8	6	— 2
32	7	5	— 2
10	5	2	— 3
25	5	—	— 5
30	0	7	+ 7
Total	113	91	— 22

Le comptage des colonies donne le chiffre de 66 650 par gramme de sol pour le témoin et 58 600 pour le traité. Peu ou pas de différence dans l'équilibre biologique de ce sol.

Conclusions.

Un traitement de 6 kg de Simazine à l'hectare effectué sur un sol siliceux, argileux, argilo-calcaire, humifère ou non, n'altère pas l'équilibre biologique du sol quant aux champignons.

Aux doses courantes d'emploi, même si momentanément un effet fongicide ou fongistatique se fait sentir sur certaines espèces, le développement reprend quelques jours après et l'équilibre normal caractéristique de ce sol réapparaît aussitôt.

B. — Action sur la microflore bactérienne.

MICROFLORE TOTALE.

Les résultats sont résumés dans le tableau VI.

TABLEAU VI

Microflore totale.

Terres	Avant Simazine	Après Simazine
B.....	17 000 000	30 000 000
G.....	350 000 000	250 000 000
L.....	3 500 000	3 500 000
M.....	1 700 000 000	140 000 000

Activité des groupements physiologiques.

Les résultats sont résumés dans les tableaux VII et VIII et les figures 1, 2, 3.

Tableau VII

Fixation.

Terres	Azotobacter		Clostridium	
	Avant Simazine	Après Simazine	Avant Simazine	Après Simazine
B		16	40	28
G	2 200	5 000	400	34
L	750	100	40	24
M	14	260	40	28

Tableau VIII

Nitrification.

Terres	F. nitreux		F. nitriques	
	Avant Simazine	Après Simazine	Avant Simazine	Après Simazine
B	120	120	500	700
G	1 200	700	1 100	700
L	120	70	500	70
M	500	1 200	700	1 200

Cellulolyse.

Sur les plaques ensemencées de la dilution 10^{-1}, le nombre de colonies est sensiblement moins grand avec les terres traitées qu'avec les témoins, sans que la différence puisse être significativement chiffrée.

Interprétation.

De l'examen de ces tableaux et courbes d'activité il ressort qu'à la dose normale de 6 kg/ha, la Simazine, après trois semaines, sur les quatre types de terres étudiées, n'a pratiquement aucune action sur la microflore tellurique bactérienne. Qu'il s'agisse du nombre total de germes vivants ou de l'activité des groupements microbiens physiologiques indispensables à la vie du sol, on ne constate aucune différence significative (en plus ou en moins) entre le témoin et la terre traitée.

Ces résultats rejoignent donc ceux obtenus en ce qui concerne la mycoflore. Dans les conditions expérimentales réalisées et à la dose utilisée, la Simazine ne perturbe pas directement l'équilibre de la microflore fongique et bactérienne des sols testés.

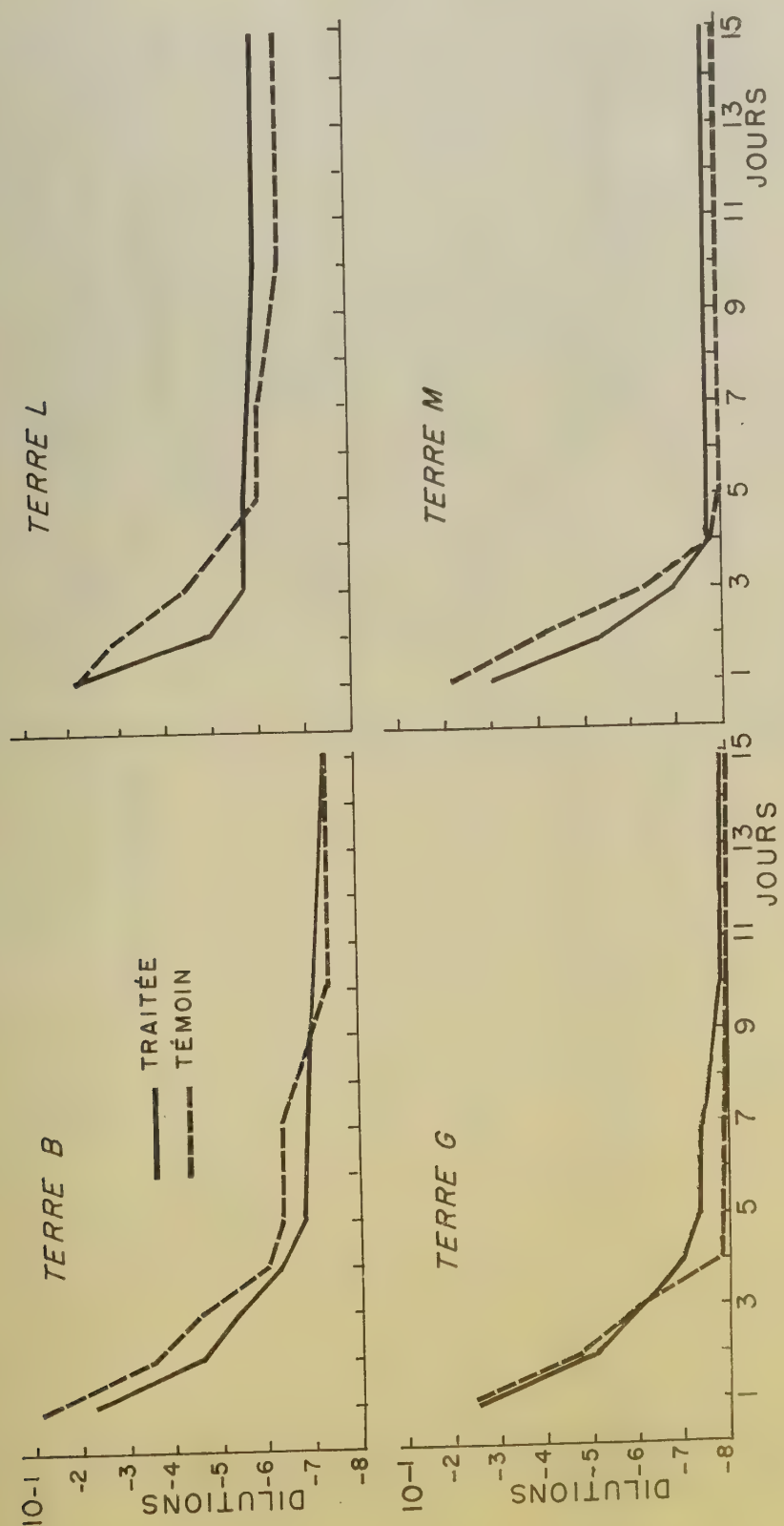


Fig. 1. — Ammonification (Voir technique et mode de représentation page 267).

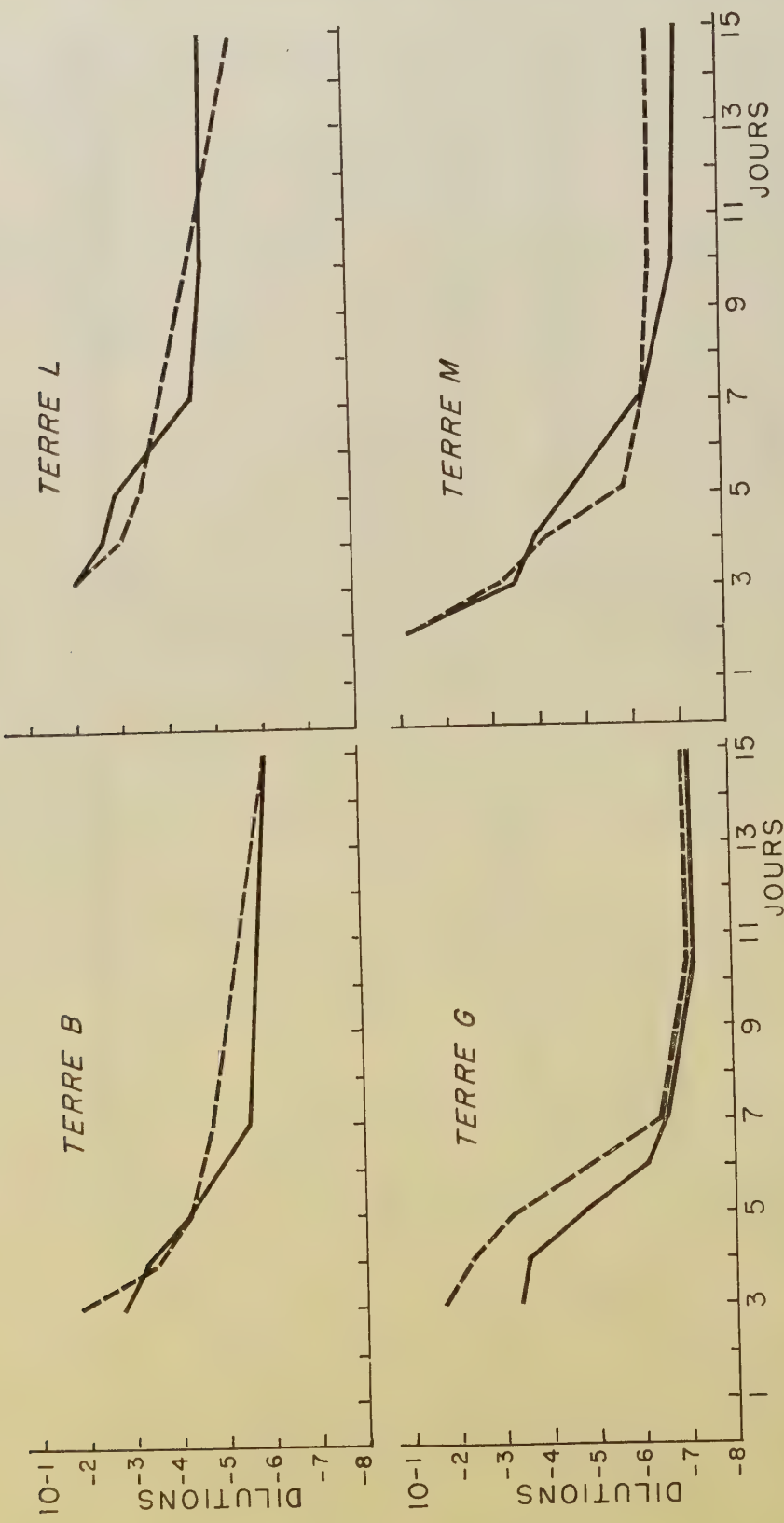


FIG. 2. — Dénitrification (Voir technique et mode de représentation page 267).

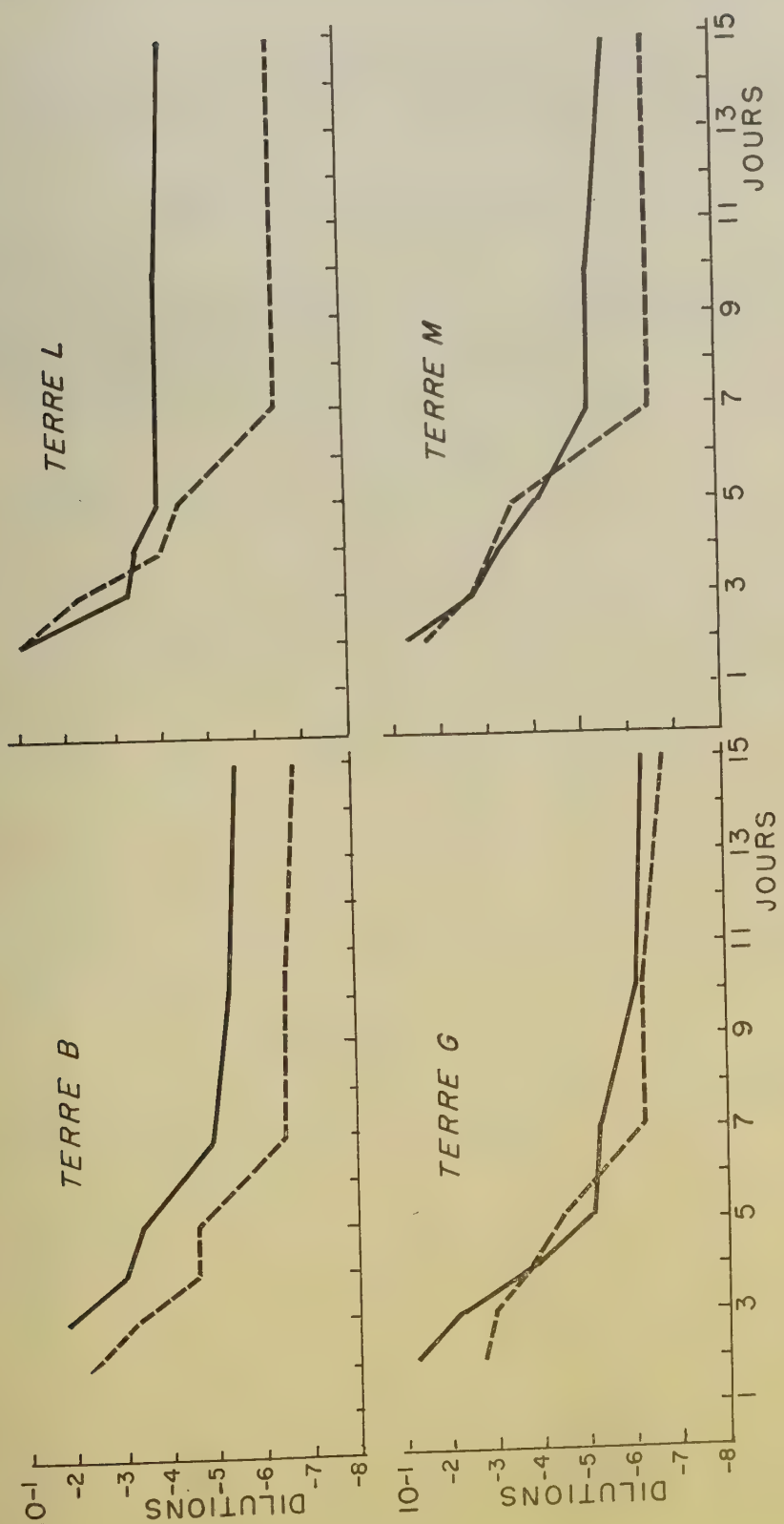


FIG. 3. — Amylolyse (Voir technique et mode de représentation page 268).

DEUXIÈME PARTIE

ESSAIS DE DÉTERMINATION D'UNE DOSE TOXIQUE

A. — Mesure de l'activité globale.

Ce test a été réalisé avec une terre de jardin à laquelle a été incorporée de la Simazine à la dose de 0,1 p. 1 000 correspondant à 300 kg/ha. Trois boîtes pour la terre traitée et trois boîtes pour le témoin. Les résultats, avec la technique indiquée précédemment, sont résumés dans le tableau IX.

TABLEAU IX

Détermination de l'activité globale.

Terre témoin.

Jours	Mg de CO_2 dégagé par 20 g de terre échantillons			Moyenne journalière x	$(x - \bar{x})^2$
	1	2	3		
1	7,7	13,2	12,4	11,1	222
2	15	35	21	23,7	5,3
3	15,4	23,6	34	24,3	2,9
4	18,2	39,5	22,5	26,7	0,5
5	18,1	27	32	25,7	00,9
6	23	49	39	37	121
7	20,8	17,6	22	20,1	34,8
8	21,5	36,5	45,5	34,5	72,3
9	13	38	31	27,3	1,7
10	25,7	34	28	29,2	10,2
				$\bar{x}$ 259,6	470
				$\bar{x} = 26.$	

Terre traitée Simazine.

Jours	Mg de CO_2 dégagés par 20 g de terre échantillons			Moyenne journalière x'	$(x' - \bar{x}')^2$
	1	2	3		
1	20,2	24	18	20,7	32,5
2	19,8	18,3	19,8	19,3	50,4
3	13	26,4	24,2	21,3	26
4	20,7	40	26,9	29,2	7,8
5	35,9	26,2	28,2	30,1	13,7
6	40	24,6	23,3	29,3	8,4
7	19,8	29,9	26,4	25,2	1,4
8	21,5	35,2	20,9	25,5	0,8
9	30,8	28,3	37,2	32,1	32,5
10	30	21,3	43,3	31,5	26
				$\bar{x}'$ 264,2	199,5
				$\bar{x}' = 26,4$	

Les variations du dégagement, noté chaque jour et pour chaque échantillon, nous amènent à la détermination d'une moyenne journalière x, et d'une moyenne arithmétique $\bar{x}$ résultant des 10 jours d'expérimentation. La comparaison directe de ces deux moyennes arithmétiques $\bar{x} = 26$ et $\bar{x}' = 26{,}4$ des deux terres étudiées, laisserait supposer que les variations enregistrées entre ces deux terres n'ont pas de valeur significative.

Contrôlant ces résultats par la méthode de probabilité de BERG (1) appliquée en biologie à un petit nombre d'échantillons, nous déterminons la probabilité par le calcul suivant :

$$S^2 = \frac{1}{n_1 + n_2} [\Sigma(x - \bar{x})^2 + \Sigma(x' - \bar{x}')^2]$$

n_1 et n_2 représentant le nombre d'expériences n moins 1, d'où :

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{x}'}{S} \sqrt{\frac{(n_1 + 1)(n_2 + 1)}{(n_1 + n_2 + 2)}}$$

d'après la table de FISCHER simplifiée (1) (BERG Tubercle 1936, p. 496), nous déterminons P :

$$S = 6$$
$$t = 0{,}15$$
$$P = 0{,}42$$

ce qui nous permet de conclure que les variations obtenues n'ont pas une valeur significative.

Ainsi, même à la dose considérable essayée, la Simazine n'amène aucune dépression directe de l'activité biologique globale du sol.

B. — Dose toxique pour la mycoflore.

L'essai fut effectué en pots dans les mêmes conditions que la série précédente mais deux terres seulement furent retenues :

— sol argilo-calcaire (Grignon) ;

— sol humifère et non calcaire (Bretagne).

Quatre doses fortes furent utilisées correspondant à :

— 30 — 60 — 150 kg de Simazine à l'hectare.

1° *Sol de Grignon.*

Le transport de la terre fut effectué le 24 mars et la mise en pots, après mélange, le 26 mars 1959.

L'homogénéisation dure 15 jours et les traitements eurent lieu le 11 avril. Les prises d'échantillons, faites le 27, permirent un « coulage »

TABLEAU X. — *Essai Bretagne. Doses toxiques de Simazine. Tableau qualitatif et quantitatif.*

Espèces	Doses de Simazine à l'hectare — Comptage des colonies sur 10 boîtes				
	TÉMOIN	30 Kg/ha	60 Kg/ha	150 Kg/ha	300 Kg/ha
Ascomycètes					
As I *Chaetomium* sp.	12	1	3		1
— II — sp.			1		
Dematiaceae					
Dm I *Dm* sp.			1		
— II *Gliomastix* sp.		1			
Fusarium					
Fusarium I *oxysporum*			2		2
— II *culmorum*	2		1		
— III sp.	2	11	3	5	7
Mélanconiales					
Ml I *Pestalotia* sp.	8	12	10	10	6
Moniliales					
Mo I sp.	4	1			2
— II sp.	7		2		1
— III sp.				1	
— IV				1	
— V *Scopulariopsis*	1	1	2		1
— VI sp.					2
— VII sp.			1		
— VIII *Myrothecium*	1				
— IX sp.	2				
— X *Verticillium*	8	3	4	60	
— XI *Gliocladium roseum*			1		
— XII *Trichoderma*			1		
— XIII *Aspergillus fumigatus*	9	21	3	5	1
Mucorales					
Mu I *Mucor* sp.	1	1		1	3
Penicillium					
Penicillium I *janthinellum*	40	35	36	28	34
— II sp.		14	10		
— III *simplicissimum*	3	2			4
— IV *urticae*	1			3	1
— V *canescens*	14	12	5	5	11
— VI *tardum*		1			1
— VII *cyclopium*					1
— VIII sp.					1
— IX sp.				1	
— X sp.		1			
— XI sp.					13
— XII sp.		1			
— XIV *thomii*				1	
— XV sp.			2		1
— XVI sp.	3	3	3	4	14
— XVII sp.			1		
— XVIII sp.			2		
— XIV sp.				2	
— XX *lilacinum*					1
Phycomycètes					
Ph I sp.	2	2	3		
Ph II sp.				2	
Ph III sp.	8	9	5	4	15
Ph IV sp.		2	1		
Sphaeropsidales					
Sp I *Conothyrium* sp.	2		1		1
Sp II sp.	3	2	2	1	4
Sp III sp.	1				
Stilbaceae					
Sp I *Stysanus* sp.	1				
Colonies diverses non pointées	17	8	8	12	7
Nombre d'espèces	23	21	26	17	24
Nombre de colonies	152	144	114	146	140

des boîtes de Pétri le 29. Ce sol de Grignon ne comportait pas la dose de 300 kg. Nous ne donnons pas la liste des isolements obtenus : il n'y a aucune différence significative, même dans le traitement le plus fort. Seuls les *Penicillium* semblent favorisés par la Simazine.

2° *Sol de Bretagne.*

Ce sol était identique à celui utilisé dans « l'essai 6 kg/ha ». La terre, reçue le 28 mai, fut mélangée et mise en pots puis traitée le 5 juin. Le sondage fait fin juin permit d'effectuer les isolements à partir de mi-juillet. Les isolements furent réalisés sur Czapeck et les lectures retenues sur la dilution 1/5 000.

Le tableau X donne le résultat de ces isolements. Aucune perturbation notable n'a pu être constatée même à la dose la plus forte.

Pratiquement il n'y a aucune différence dans le nombre des espèces. Quelques espèces se trouvent uniquement dans un lot mais ces variations ne touchent pas les espèces principales entrant dans le « spectre » du sol. Ces modifications concernant telle ou telle espèce seraient peut-être en relation avec l'action directe de ce micro-organisme sur la Simazine (v. la III[e] Partie : recherche de souches dégradantes).

Si nous examinons le nombre de colonies, nous ne voyons aucun changement ou une légère tendance à la diminution en fonction de la dose du traitement.

C. — Doses toxiques pour la microflore bactérienne.

Les essais ont été réalisés sur la terre de Grignon (G) ayant reçu les doses de 30, 60, 150 kg/ha de Simazine ; sur la terre de Bretagne (B) à la concentration de 300 kg/ha.

Les résultats sont résumés dans les tableaux XI, XII, XIII et figures 4 et 5.

TABLEAU XI

Microflore totale.

Terres et dose de Simazine utilisée	Avant Simazine	Après Simazine
G	1 300 000 000	
30 kg/ha		450 000 000
60 kg/ha		140 000 000
150 kg/ha		175 000 000
B	450 000 000	
300 kg/ha		450 000 000

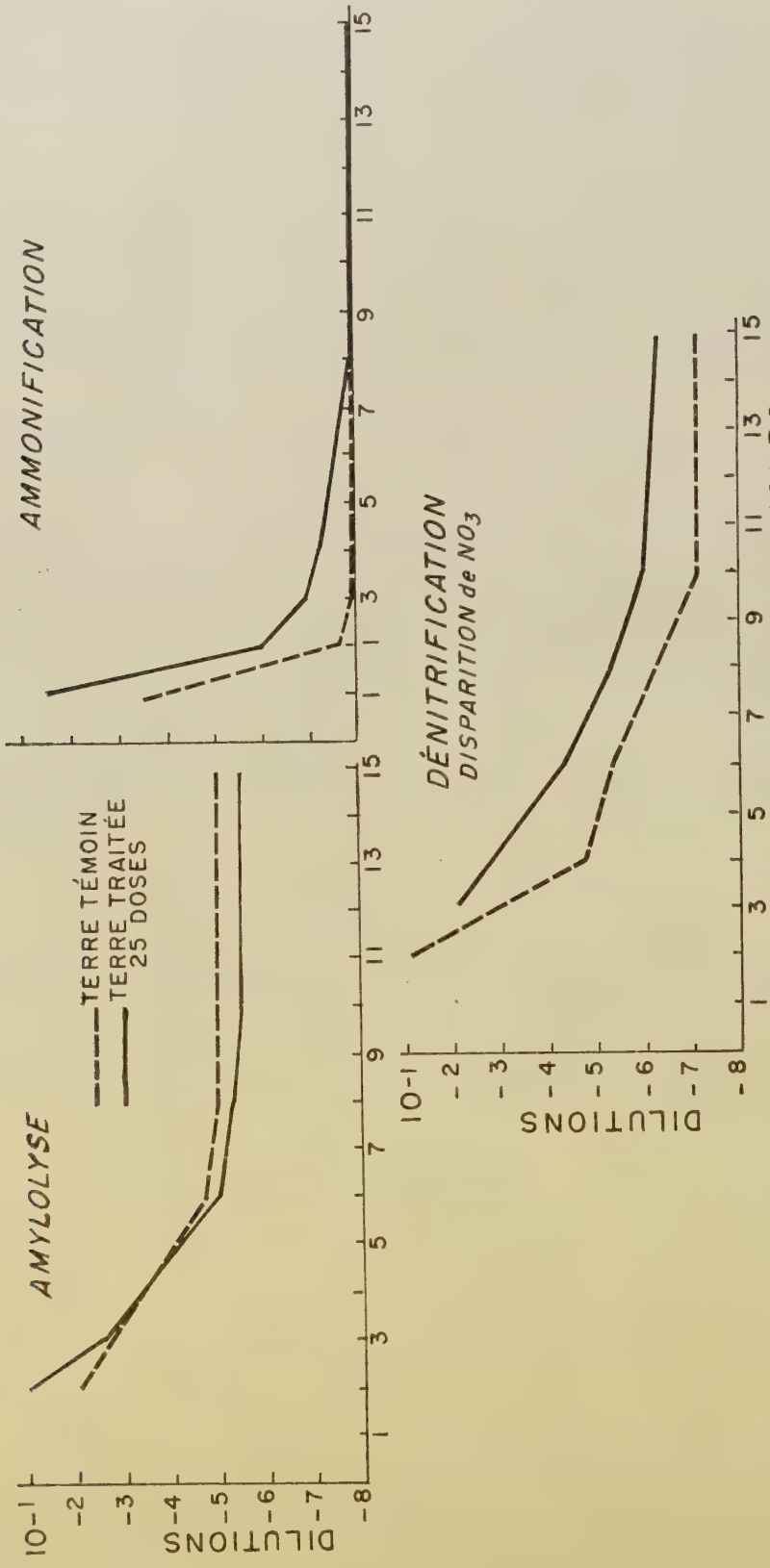


FIG. 4. — Activités fonctionnelles, terre témoin et terre traitée par 150 Kg/ha de simazine (Voir technique et mode de représentation pages 267-268).

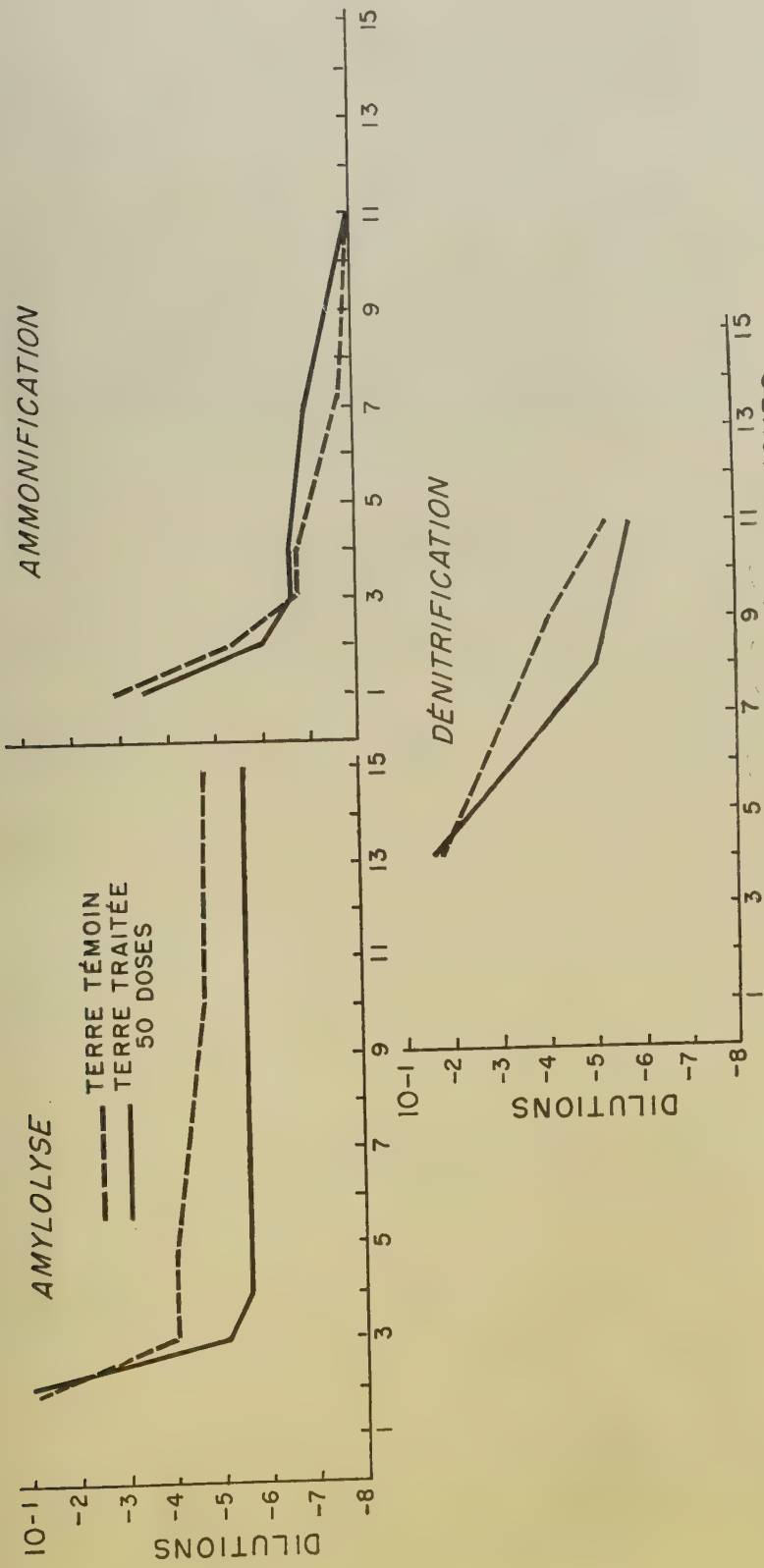


Fig. 5. — Activités fonctionnelles terre témoin et terre traitée par 300 Kg/ha de simazine (Voir technique et mode de représentation pages 267-268).

Tableau XII

Fixation.

Terres	Azotobacter		Clostridium	
	Avant Simazine	Après Simazine	Avant Simazine	Après Simazine
G	350		2 200	
30 kg/ha.....		260		1 600
60 kg/ha.....		32 000		280
150 kg/ha.....		18 000		1 600
B	0	0	110	110
300 kg/ha.....		0		

Tableau XIII

Nitrification.

Terres	Nitreux		Nitriques	
	Avant Simazine	Après Simazine	Avant Simazine	Après Simazine
G	120		70	
30 kg/ha.....		190		12
60 kg/ha.....		1 200		190
150 kg/ha.....		190		120
B	230		500	
300 kg/ha.....		50		330

Interprétation.

Sur les deux terres étudiées, quelle que soit la dose de Simazine employée, il a été impossible de mettre en évidence une action bactéricide ou bactériostatique. Même la dose considérable de 300 kg/ha s'est révélée inactive.

Par contre il semble bien que le nombre des fixateurs d'azote aérobies (*Azotobacter*) soit augmenté et que l'activité du groupement des bactéries amylolytiques soit stimulée (une ébauche de ce processus était déjà discernable avec la dose de 6 kg/ha), sans qu'il soit possible encore d'établir de façon certaine une relation de cause à effet entre ces deux phénomènes (on sait cependant que les *Azotobacter* sont amylolytiques) ni de fournir une explication au mode d'action de la Simazine pour les déclencher.

TROISIÈME PARTIE

RECHERCHES DE SOUCHES MÉTABOLISANT LA SIMAZINE

La recherche de ces souches est, comme nous l'avons dit, intimement liée au problème du mécanisme de la rémanence de la Simazine et du rôle que pourraient éventuellement jouer les micro-organismes dans la dégradation de cet herbicide.

Dans un premier temps nous avons tout d'abord cherché à évaluer cette rémanence ; dans ce but des parcelles ont été traitées, semées en maïs, et la Simazine dosée biologiquement dans le sol dès après la récolte, selon le protocole expérimental suivant :

1° Parcelles observées.

Un essai de désherbage sélectif du maïs avait été mis en place en 1958 sur le terrain d'expérimentation de la Chaire d'Agriculture de l'E. N. A. de Grignon.

Cet essai comportait des parcelles non traitées et des parcelles traitées à 1,3 et 6 kg de Simazine à l'hectare (soit, 0,0003, 0,001 et 0,002 g p. 1 000).

Dès la récolte du maïs, des échantillons de terre furent prélevés sur les parcelles **témoins** et sur celles traitées avec 1 kg et 6 kg à l'hectare.

Le traitement avait été fait le 27 mai. Les prélèvements furent effectués le 10 novembre 1958, à 5 cm de profondeur.

2° Gamme témoin.

Le dosage fut effectué en utilisant la moutarde comme indicateur biologique. Une gamme de témoins de comparaison fut effectuée. Elle donna les résultats suivants (15 jours après la germination, 3 terrines de 50 graines par dose).

Dose (en mg/litre de sol)	Nombre de plantes survivantes	% de plantes mortes	Observations
0,8	45 — 43 — 43	12	Plantes survivantes endommagées.
0,6	46 — 46 — 47	8	— idem —
0,4	47 — 47 — 47	4	Plantes survivantes faiblement endommagées.
0,3	48 — 48 — 47	3,5	Dommages insignifiants.
0,1	49 — 49 — 50	1	Aucun dommage
0,007	49 — 50 — 50	0,5	Aucun dommage

3° Résultats obtenus sur les parcelles traitées.

a) *Parcelles traitées à 6 kg/ha.*

7 p. 100 de morts.

Les survivants sont faiblement endommagés.

Il reste donc, 6 mois après, 0,4 mg de Simazine/litre de sol à une profondeur de 5 cm.

b) *Parcelles traitées* à 1 *kg/ha.*

2,5 p. 100 de morts.

Les survivants ne présentent aucun aspect souffreteux.

Il ne peut donc y avoir que des traces de produit.

Les prélèvements effectués à 15-30 cm de profondeur n'ont même pas permis de déceler des traces du produit.

En même temps que le dosage biologique une analyse de la mycoflore fut effectuée afin de comparer la mycoflore fongique des parcelles témoin à celle obtenue sur les parcelles traitées avec une dose de 6 kg de Simazine à l'hectare.

TABLEAU XIV

Essai d'appréciation d'un déséquilibre microfongique dû à la Simazine dans les parcelles testées à Chantepie, Grignon.

Dose 6 kgs/ha

Numéro des souches	Horizon A (0,5 cm)		Différence	Nombre de souches	Horizon B (en dessous de 5 cm)		Différence
	Nombre de col. isolées				Nombre de col. isolées		
	Témoin	Dose			Témoin	Dose	
3 PN	81	82	+ 1	3	44	60	+ 16
19	3	—	— 3	32	32	40	+ 8
51	1	6	+ 5	14	10	—	— 10
52	1	6	+ 5	24	22	12	— 10
53	6	1	— 5	177	2	—	— 2
14	6	—	— 6	23	6	4	— 2
6	4	3	— 1	91	2	—	— 2
24	2	1	— 1	28	6	6	—
66	2	1	— 1	42	4	—	— 4
22	1	—	— 1	87	2	—	— 2
143	1	—	— 1	41	2	—	— 2
23	2	8	+ 6	10	2	—	— 2
29	3	—	— 3	51	—	4	+ 4
20	—	3	+ 3	82	—	2	+ 2
93	—	4	+ 4	78	—	2	+ 2
58	—	2	+ 2	95	—	4	+ 4
163	—	2	+ 2	108	—	2	+ 2
1	—	1	+ 1	116	—	2	+ 2
Total des Colonies....	113	120	+ 7		134	138	+ 4

Les prélèvements furent effectués le 10 novembre à 3 profondeurs.

A = surface = 0-5 cm.

B = 5-10 cm.

C = 30 cm.

Deux milieux furent utilisés : le Czapeck et le Malt à 1 p. 100 acidifiés à l'acide citrique afin d'éliminer les bactéries.

La dilution de sol qui donne la meilleure lecture fut celle de 1/10 000 sur Malt.

Nous n'avons pas fait de numération totale mais simplement une comparaison du nombre de colonies entre témoin et traité. Il n'y a en effet aucune différence entre les deux parcelles. On peut donc conclure que l'équilibre fongique de ce sol n'est pas perturbé 6 mois après le traitement, bien qu'il y ait encore 0,4 mg de Simazine/litre de sol (voir tableau XIV).

Ainsi a été vérifiée une fois de plus, mais ici en champ, dans les conditions naturelles, l'absence d'incidence directe importante de la Simazine sur la mycoflore ; mais de plus, a pu être précisé l'importance d'une rémanence partielle qui cependant n'altère pas l'équilibre biologique du sol considéré.

Des micro-organismes interviennent-ils dans le métabolisme tellurique de l'herbicide ?

Nos recherches ont porté, dans ce but, sur la mycoflore et sur la microflore bactérienne, au cours de multiples expériences réalisées au laboratoire avec des techniques diverses.

SOUCHES FONGIQUES

Nous supposons, à priori, que les champignons capables d'utiliser la Simazine (soit comme source de carbone, soit comme source d'azote) sont les plus résistants à l'effet fongicide du produit.

Deux stades sont à distinguer dans cette étude :

— L'isolement des souches capables de se développer sur un milieu renfermant une dose élevée de Simazine.

— Le moyen de dégradation de la molécule de Simazine par le champignon (utilisation de l'azote ou du carbone).

1° Isolement.

Pour isoler les souches « dégradantes » deux procédés furent utilisés :

a) *Ensemencement* avec une suspension de sol (diluée au 1/1 000) dans un milieu Malt ou Czapeck gélosé renfermant une forte dose de Simazine (1-5 g de Simazine par 100 ml de milieu). Nous utilisons également la méthode de Warcup qui consiste à incorporer des parcelles de terre au milieu à l'intérieur de la boîte d'isolement.

b) *Ensemencement sur milieu synthétique carencé* en N ou en C en apportant la Simazine comme source de l'élément carencé. Cette dernière méthode paraît plus rapide mais il est préférable d'isoler d'abord et d'étudier le métabolisme ensuite.

Nous avons utilisé au début l'Herboxy. Craignant d'apporter N ou C avec la « charge » de la formulation, nous avons ensuite utilisé la Simazine pure. Cette dernière donna quelques difficultés vu son insolubilité et sa mauvaise dispersion. Une formulation spéciale pour laboratoire nous permit une meilleure homogénéisation dans les milieux de culture.

Les sols utilisés sont très variés et de provenances diverses (terres de serre, terreaux, limons de rivière, terres de jardin, terres de culture, etc...).

2° **Métabolisme.**

a) Les souches isolées du sol sont d'abord « prétestées ». A cet effet chaque souche isolée est cultivée sur trois milieux :

Czapeck normal ;

Czapeck normal + 1 p. 100 de Simazine ;

Czapeck normal + 5 p. 100 de Simazine ;

Le tableau XV donne les résultats du prétestage de 31 souches.

TABLEAU XV. — *Prétestage des souches obtenues sur des terres diverses sur des milieux contenant de la Simazine.*

Souches	Témoin czapeck normal	Cz + 1 % de S	Cz + 5 % de S	Souches intéressantes
V 1	95 mm	34 mm	36 mm	+
V 2	95 —	35 —	26 —	+
V 3	45 —	12,5 —	18 —	+
V 6	60 —	0 —	0 —	
V 12	95 —	6 —	0 —	
V 13	90 —	0 —	0 —	
V 14	60 —	7,5 —	2,5 —	
V 16	95 —	39 —	25 —	+
V 18	45 —	18 —	20 —	+
V 23	42 —	22 —	20 —	+
V 24	40 —	0 —	0 —	
V 26	70 —	7,5 —	0 —	
V 28	72 —	18,5 —	6 —	+
V 29	65 —	12 —	9 —	+
V 30	66 —	8 —	2 —	
V 31	95 —	25 —	0 —	+
V 33	60 —	0 —	0 —	
A 50	70 —	0 —	0 —	+
A 51	55 —	0 —	0 —	+
A 70	95 —	30 —	15 —	+
E 1	95 —	22,5 —	5 —	+
E 2	95 —	24 —	19 —	+
M 102	50 —	0 —	0 —	
M 113	95 —	29 —	23,5 —	+
M 114	95 —	36 —	20 —	+
B 24	95 —	4 —	0 —	
B 118	35 —	0 —	0 —	
S 30	60 —	0 —	0 —	
S 59	95 —	0 —	0 —	
51	95 —	3 —	5 —	
157	57 —	20 —	16,5 —	+

b) 16 souches furent retenues et étudiées sur milieux spéciaux : Czapeck normal ;

— sans azote + Simazine ;
— sans carbone + Simazine ;
— sans azote et sans carbone ;
— sans azote, sans carbone + 2 p. 100 Simazine.

Dans les milieux carencés en azote, la quantité de Simazine apportée dans ce milieu représentait l'équivalent en N de celui apporté normalement dans le Czapeck par le nitrate de sodium. Le calcul était le même pour l'apport de Simazine comme source de carbone.

Les milieux carencés en azote et en carbone, plus Simazine, donnent un milieu dont le rapport $\frac{C}{N}$ est déséquilibré par rapport à celui du Czapeck (10 fois moins de carbone que dans le Czapeck normal et le carbone apporté n'est pas ou peu assimilable).

c) *Les résultats obtenus* 17 jours après le repiquage et la mise à l'étuve à 20° sont consignés sur le tableau XVI. Les photos de quelques souches illustrent également le mode d'action de ces souches (voir planches). Les souches les plus intéressantes sont les suivantes :

N° de la souche	Nom de l'espèce
V_1 FU	Fusarium oxysporum
V_3 PN	Penicillium cyclopium
V_{16} FU	Fusarium avenaceum
V_{28} PN	Penicillium lanosco-cœruleum
E_1 TU	Cylindrocarpon radicicola
A_{50} DM	Stachybotrys sp.

Sur milieu **Czapeck carencé en N et en C** aucune souche ne se développe ou bien le champignon donne un » voile « imperceptible.

Sur milieu **Czapeck carencé en azote plus Simazine** : 4 souches se montrent satisfaites de l'azote de la Simazine. Il s'agit de V_1FU, V_3PN, V_{16}FU, E_2TU. (V_{23} et V_{18} ont été mises en synonymie avec V_3.)

Les colonies obtenues sont assez vigoureuses et le mycélium aérien est abondant. Il atteint jusqu'à 5 mm de hauteur. Le mycelium est normal, dense, régulier. Les surfaces fructifères sont denses légèrement plus courtes que sur les témoins « Czapeck normal ».

V_{28}, V_{29}, A_{50}, M_{113}, 157 ont un développement moins satisfaisant. Leur aspect va de faible à peu vigoureux. Leur croissance est surtout lente au début et s'accentue au bout de quelques jours (surtout chez V_{29}, M_{113}, A_{50}).

Sur milieu **Czapeck carencé en carbone plus Simazine** : 6 souches ont pu utiliser le carbone de la Simazine : V^2FU-V^{28}PN-E^2TU-E^2FU-M_{113}MO-M_{114}FU.

Tableau XVI

Essai de carences sur les souches dégradantes. Tableau récapitulatif.

Observation après 17 jours de culture

SOUCHES	Cz normal	Cz — N + Simazine	Milieux Cz — C + Simazine	Cz — N — C	Cz — N — C + 2 % Simazine
V 1 FU	95 mm ++++	15 — 20 mm ++	40 — 60 mm o	Surface utilisée entièrement o	10 15 mm + +
V 2 FU	95 +++	30 — 40 » o	10 — 15 » ×	» » o	15 — 20 » ×
V 3 PN	35 » ++	15 — 20 » ++	— » o	» » o	— » oo
V 16 FU	95 » ++++	35 — 40 « ++	15 — » o	» » o	15 — 20 » ++
V 18 PN	40 » +++	15 » +	— » o	» » o	— » oo
V 23 PN	35 » ++	20 » ++	— » oo	» » o	— » oo
V 28 PN	60 » +++	20 — 35 « +	15 — 20 » ×	45 — 50 mm ×	5 — 10 » ×
V 29 PN	40 — 55 » +++	15 — 20 « ×	— » o	Surface utilisée entièrement o	5 — 8 » o
V 31 TU	85 » +++	40 « o	— » o	» » o	8 » ×
E 1 TU	95 » ++++	35 » ++	7 — 11 » ×	» » o	20 — 25 » o
E 2 FU	95 » ++	50 — 60 « o	8 — 12 » ×	» » o	10 — 15 » ++
A 50 DM	25 — 50 » +	5 — 10 » +	— » oo	» » o	— » oo
A 51 DM	40 — 50 » +	20 — » ×	— » oo	» » o	— » oo
M 113 MO	70 — 80 » +++	30 — 35 » ×	5 — 15 » ×	» » o	10 — 12 » ×
M 114 FU	95 » ++++	25 — 40 » o	10 — 18 » ×	» » o	15 — 25 » o
157 MU	30 — 50 » +++	10 — 20 » ×	— » oo	40 — 50 mm ×	— » o

Légende. — oo Claquant
o Souffreteux
× Faible
\+ Peu vigoureux
++ Assez vigoureux
+++ Vigoureux
++++ Très vigoureux

Les chiffres représentent le diamètre moyen des colonies.

Il faut cependant souligner que le développement est généralement faible.

Sur milieu **carencé en N et en C plus 2 p. 100 de Simazine** : 3 souches ont un aspect assez vigoureux : V_1FU-$V_{16}FU$-E_2FU.

Les souches *Fusarium* seraient donc moins exigeantes pour l'équilibre C/N. D'autres souches ont un aspect faible ou souffreteux.

En ce qui concerne l'existence de souches fongiques dégradant la Simazine, nous pouvons retenir les constatations suivantes :

1° Pratiquement aucun développement n'était obtenu sur milieu dépourvu de carbone ou d'azote.

2° Le carbone de la Simazine est rarement utilisable pour les champignons.

3° Les champignons isolés sont capables d'utiliser l'azote de la Simazine.

4° Cette utilisation est d'autant plus forte que la source de carbone utilisable est abondante dans le milieu.

Cette dernière constatation est particulièrement intéressante car elle explique le fait que dans les sols riches en matière organique et en humus les souches « dégradantes » peuvent pulluler et utiliser d'autant plus aisément la Simazine que la source carbonée de ces sols est plus élevée. Nous voyons là encore une fois l'intérêt du rapport C/N.

Les souches les plus intéressantes sont :

V_1 *Fusarium oxysporum*
V_3 *Penicillium cyclopium*
V_{16} *Fusarium avenaceum*
V_{28} *Penicillium lanoso-coeruleum*
E_1 *Cylindrocarpon radicicola*
A_{50} *Stachybotrys sp.*

SOUCHES BACTÉRIENNES

L'ensemencement d'une suspension-dilution de terre, sur un milieu minéral, où les seules sources d'azote et de carbone sont représentées par la Simazine incorporée au milieu, permettrait la mise en évidence de souches bactériennes capables de métaboliser cette triazine. Cette expérimentation stricte est complétée par l'ensemencement de ce même milieu minéral Simazine, additionné soit d'azote minéral, soit de carbone organique, soit des deux sources d'azote et de carbone, l'ensemencement étant fait parallèlement sur des milieux témoin. La Simazine très peu soluble dans l'eau est introduite dans le milieu de culture par un dispersant. Le Tween a été employé à la concentration de 0,5 ml p. 1 000 de milieu.

Le milieu de base de recherche des souches est donc un milieu gélosé

à 15 p. 1 000 (gélose Difco) additionné de solution minérale de Winogradsky (1/20), de solution d'oligo-éléments (1 p. 1 000) et auquel on apporte des facteurs de croissance soit sous forme d'extrait de levure à 1 p. 1 000 ou d'extrait de terre (25 p. 1 000). La Simazine est utilisée à la concentration de 1 p. 1 000, équivalente à un traitement en terre de 3 000 kg/ha.

L'expérimentation a été faite avec des terres de grande culture ayant subi un traitement à la Simazine, et aussi avec des terres non traitées, terre de jardin, de serre, de luzernière et des terreaux, utilisés à la dilution 10^{-3}. Des souches ont été isolées et purifiées à partir de ces milieux de culture. Souches représentées par des Bacilles sporulés ou non, Gram positif, par de petits bacilles Gram négatif, et aussi par quelques cocci.

Mais ces mêmes germes, ayant la faculté de cultiver sur le milieu gélosé ne contenant pas de Simazine, nous ne pouvons conclure à leur spécificité vis-à-vis d'une dégradation de celle-ci.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

L'étude de la Simazine nous a montré que la dose normale utilisée dans la pratique (toujours inférieure à 6 kg/ha) ne présente aucun danger direct sur l'équilibre biologique du sol traité, même dans le cas d'un sol où la rémanence est relativement forte.

La recherche des doses toxiques ne nous a pas permis d'atteindre ce seuil toxique vis-à-vis de la microflore tellurique ; en appliquant 300 kg de Simazine à l'hectare les altérations observées se révélèrent insignifiantes.

Enfin nos observations permettent de souligner l'existence de champignons capables de métaboliser la Simazine en utilisant l'azote de cet herbicide. Il semble, de plus, que cette dégradation soit liée à la richesse du milieu en carbone ce qui expliquerait la disparition rapide du produit dans les sols légers et humifères.

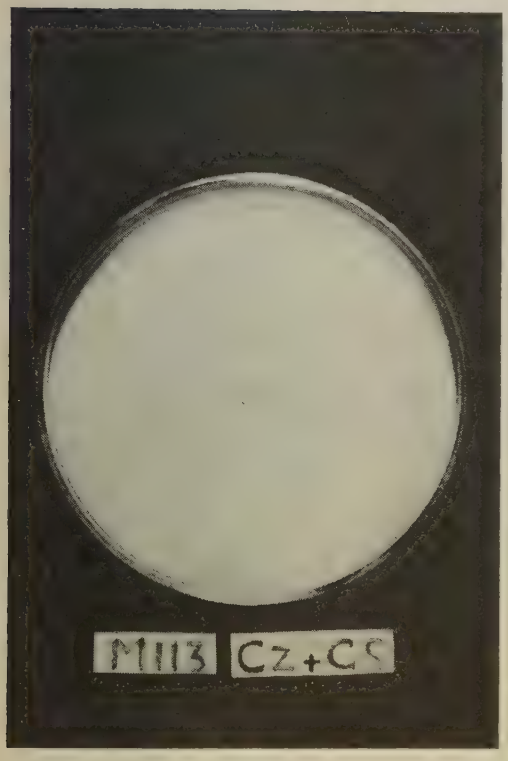
L'étude de l'ensemble des triazines est en cours.

Reçu pour publication le 9 *avril* 1960.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

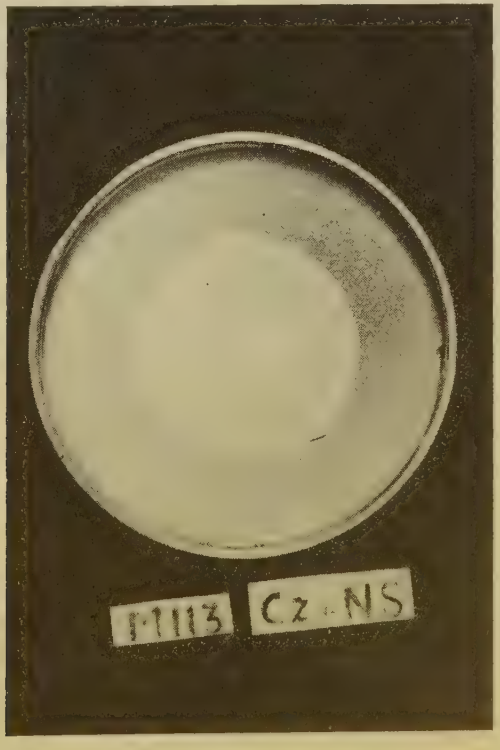
GUILLEMAT (J.), CHARPENTIER (M.), TARDIEUX (P.), POCHON (J.). — Interactions entre une chloro-amino-triazine herbicide et la microflore fongique et bactérienne du sol. (*C. R. Ac. Sc.* t. 250 p.1343-1344 — 15 fév 1960).

Souche M 113 (Moniliacée).



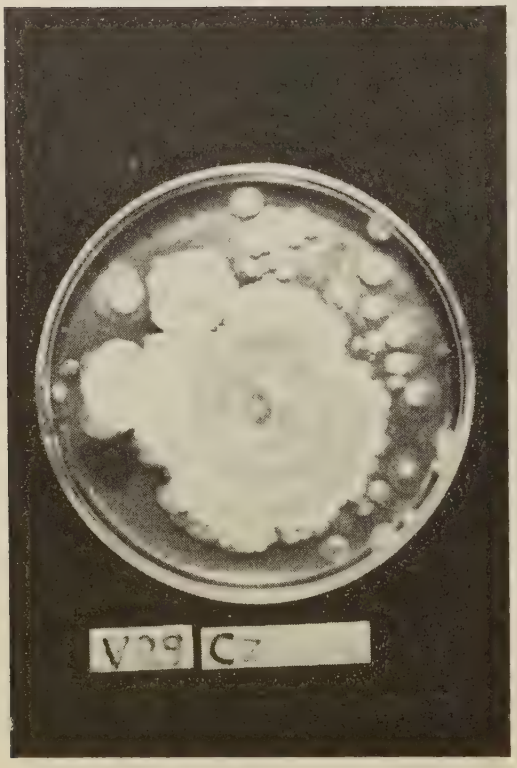
Cz + Cu = carencé en carbone plus simazine. (Carbone apporté par la simazine).

Cz — N — C + S = carencé en azote et en carbone plus 2 % de simazine. (Azote et carbone fourni par la simazine.)

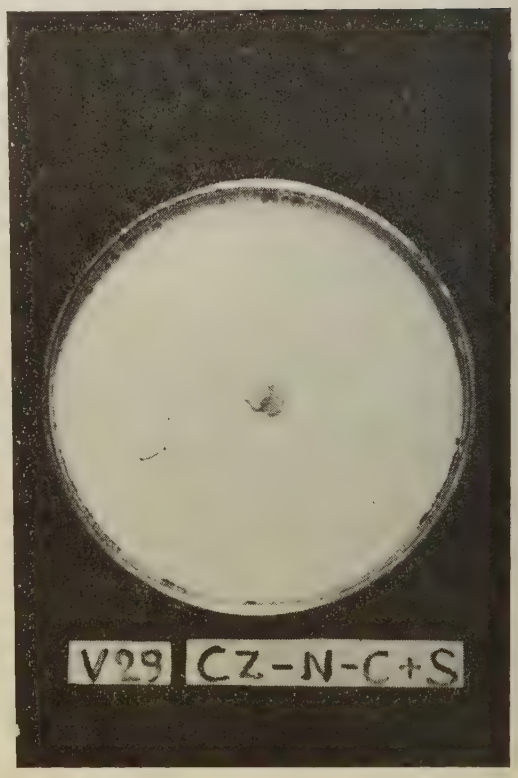


Cz + NS = carencé en azote plus simazine. (Azote apporté par la simazine.)

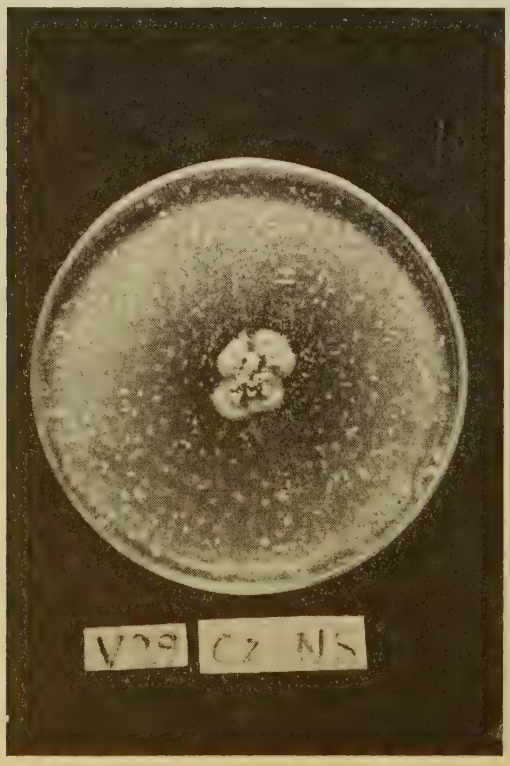
Souche V 29 (Pénicillium sp).



Czapeck normal.

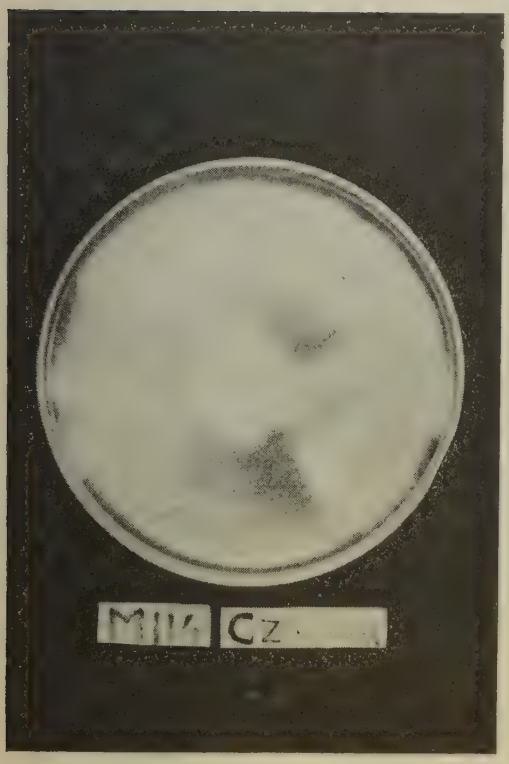


Cz — N — C + S = carencé en azote et en carbone plus 2 % de simazine. (Azote et carbone fourni par la simazine.)



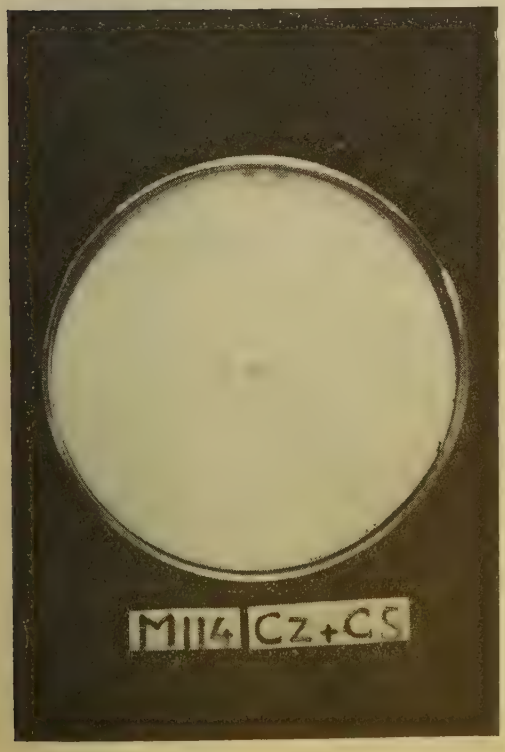
Cz + NS = carencé en azote plus simazine. (Azote apporté par la simazine.)

Souche M 114 (Fusarium sp).



Czapeck Normal.

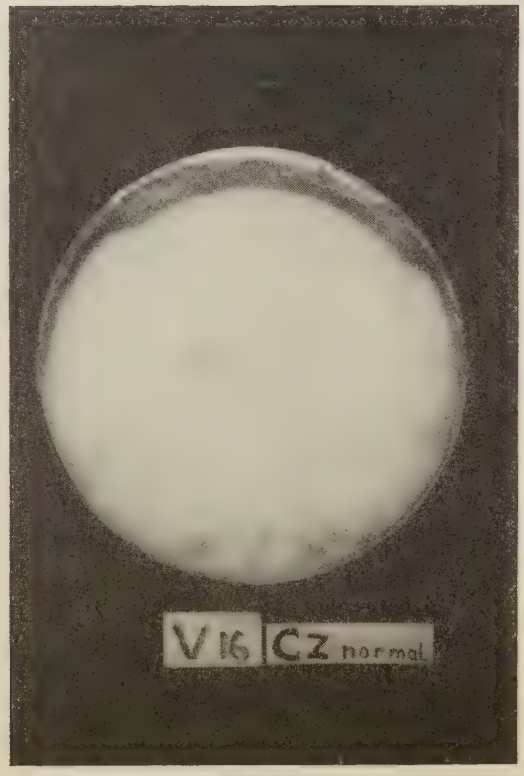
Cz — N — C + S = carencé en azote et en carbone plus 2 % de simazine. (Azote et carbone fourni par la simazine.)



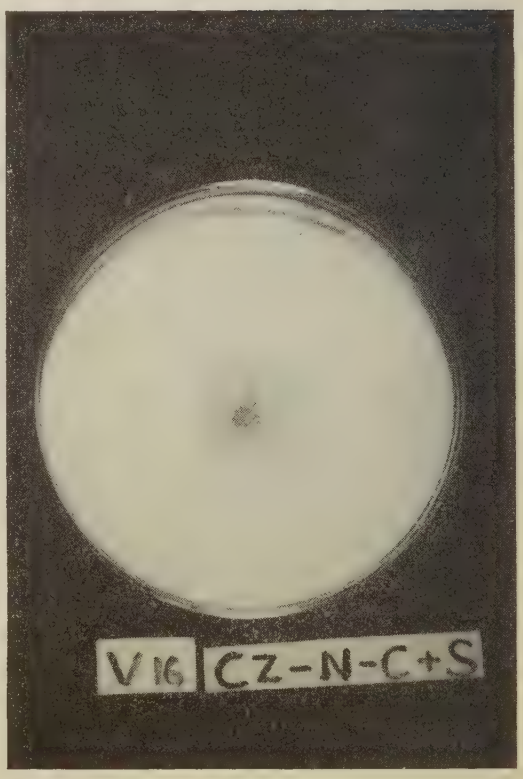
Cz + CS = carencé en carbone plus simazine (Carbone apporté par la simazine).

Cz + NS = carencé en azote plus simazine. (Azote apporté par la simazine).

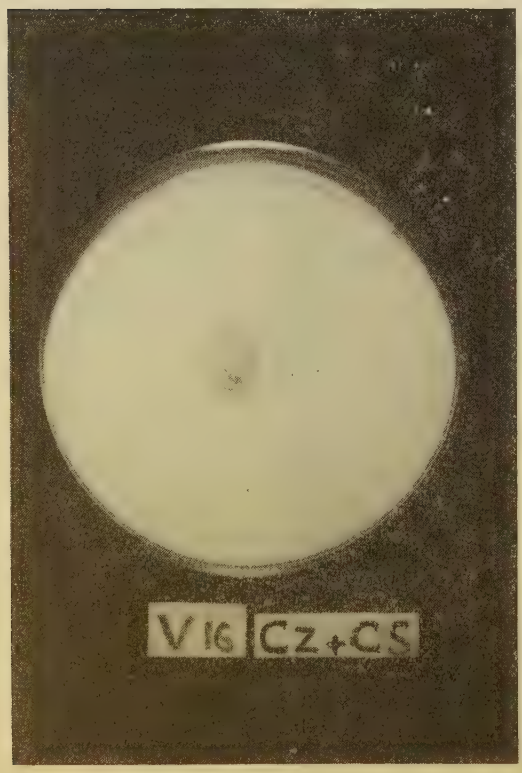
Souche V 16 (Fusarium sp).



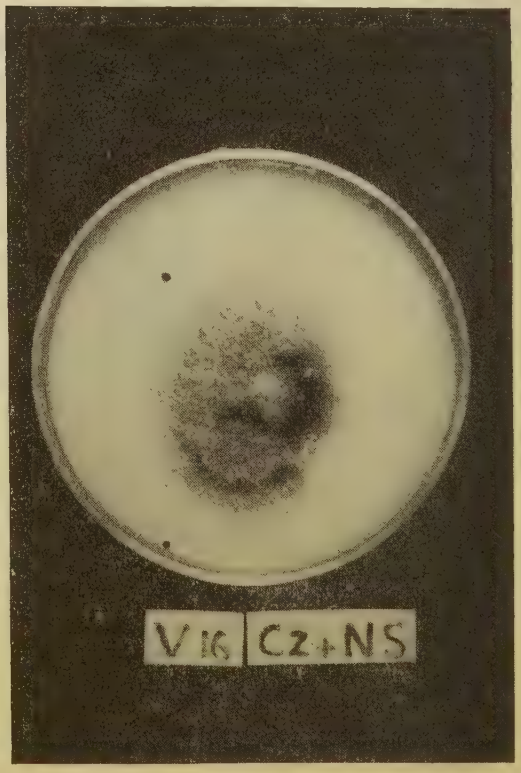
Czapeck Normal.



Cz — N — C + S = carencé en azote et eu carbone plus 2 % de simazine (Azote et carbone fourni par la simazine).



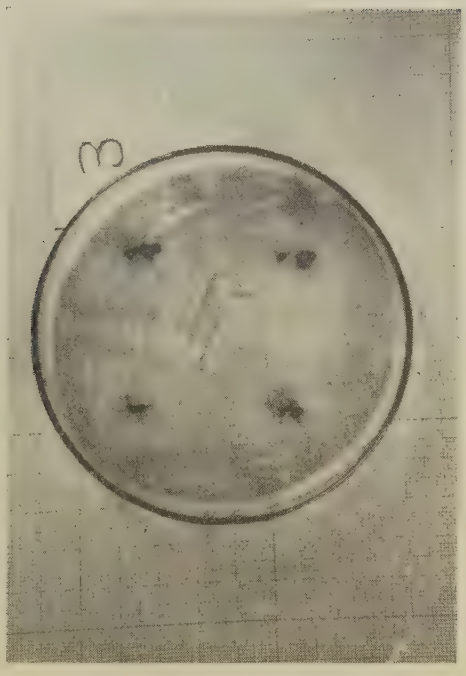
Cz + CS = carencé en carbone plus simazine (Carbone apporté par la simazine).



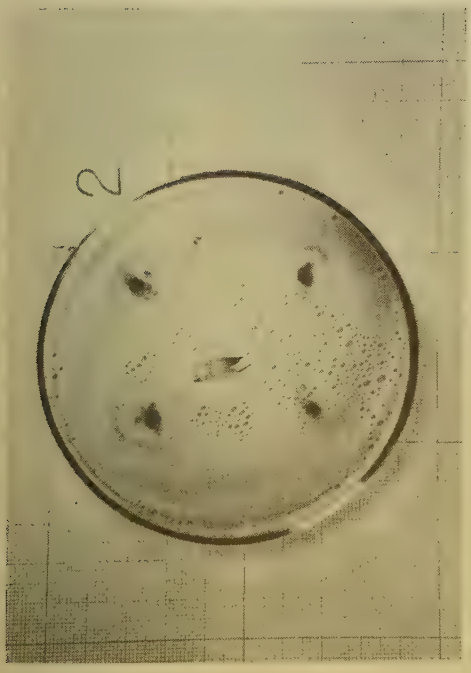
Cz + NS = carencé en azote plus simazine (Azote apporté par la simazine).

Souche A 50 (Stachybotrys sp).

Czapeck Normal.



Czapeck moins carbone.



Cz + CS = carencé en carbone plus simazine (Carbone apporté par la simazine.)

Cz + carencé en azote plus simazine. (Azote apporté par la simazine.)

INCIDENCES DES FAÇONS CULTURALES ET DES TRAITEMENTS CHIMIQUES SUR LES POPULATIONS LARVAIRES D'ÉLATERIDES (*AGRIOTES ssp.*)

PAR

P. ANGLADE

Station de Zoologie agricole,
Centre de Recherches agronomiques du Sud-Ouest, Pont-de-la-Maye [1].

PLAN DU MÉMOIRE

I. — Introduction.

II. — Méthodes d'études.

A. — Parcelles expérimentales.
B. — Prélèvement et tri des échantillons.
C. — Analyse des résultats.
D. — Observations sur les adultes.

III. — Les populations des prairies naturelles.

1° Importance numérique globale.
2° Variations des populations au cours d'une année.
3° Composition des populations au printemps.
4° Répartition en profondeur.
5° Dispersion des larves.

IV. — Influence des façons culturales.

A. — Essais en bacs.
B. — Essais et observations de plein champ.

V. — Influence des traitements chimiques.

A. — Traitements de toute la surface.
B. — Traitements sur la ligne de semis.

[1] Avec la collaboration technique de J. BERJON et successivement de J. C. ROBIN et X. R. de LATOUR.

VI. — Populations larvaires et dégâts sur maïs.

1° Attaques entraînant des pertes de pieds.
2° Diminution de rendement.
3° Difficulté de détermination d'un seuil de nuisibilité.

VII. — Résumé et conclusions.

I. — INTRODUCTION

L'extension de la culture du maïs pose, même dans les régions de culture traditionnelle de cette plante, et principalement à l'occasion du défrichement de nouvelles terres, un problème de lutte contre les larves de Taupins.

L'étude des populations locales d'Elatérides en relation avec la culture du maïs s'imposait donc, ainsi que l'adaptation des méthodes de lutte. Parmi celles-ci, nous avons déjà montré que le traitement localisé sur la ligne de semis, technique moins brutale que le traitement complet du sol, assurait une bonne protection du peuplement végétal. Toutefois, son action sur les populations larvaires elles-mêmes restait à définir. Enfin, la recherche d'un « seuil de nuisibilité » peut être intéressante en aidant à prévoir l'importance des attaques à la suite d'assolements particuliers.

Ce sont ces différents points que nous nous sommes proposé d'examiner dans le cadre de la culture du maïs dans le Sud-Ouest de la France.

II. — MÉTHODES D'ÉTUDE

A. — Parcelles expérimentales

Les parcelles expérimentales où eurent lieu les relevés de populations ont été réparties dans différentes régions du département des Landes [1] : marais asséchés du Domaine d'Orx à Labenne, coteaux de Chalosse (Saint-Sever, Doazit, Gaujacq) et du Tursan (Saint-Loubouer), vallée de l'Adour (Aire-sur-l'Adour), sables du Marsan (Bascons) et des confins de l'Armagnac (Parleboscq), et dans les Basses-Pyrénées : coteaux nord du Béarn (Bonnut) [2].

Il s'agit soit de champs destinés à des comparaisons de méthodes de traitement ou de produits insecticides (8, 9, 10) sur lesquels on a uniquement

[1] Ce travail a été réalisé en partie grâce au concours financier accordé par le Conseil général du département des Landes.

[2] Nous sommes heureux de remercier ici tous les propriétaires des champs d'essais et en particulier MM. COYOLA et DESTENAVE du bon accueil qu'ils nous ont toujours réservé.

étudié la population larvaire, avant le premier labour de défrichement, soit de parcelles spécialement installées pour étudier l'évolution des populations à la suite d'interventions contrôlées. C'est pour ces dernières que nous donnons quelques détails.

1° **Parcelles du Domaine d'Orx (Labenne).** — Le marais d'Orx, dont l'assainissement a été entrepris sous Napoléon III, est toujours en cours de mise en culture. Or, ces terres vierges mal drainées, à sous-sol tourbeux, à sol acide (pH voisin de 4) favorable aux Elatérides (23) recèlent d'importantes populations de Taupins (*Agriotes*) qui dévastent, lors des défrichements, les jeunes semis de maïs.

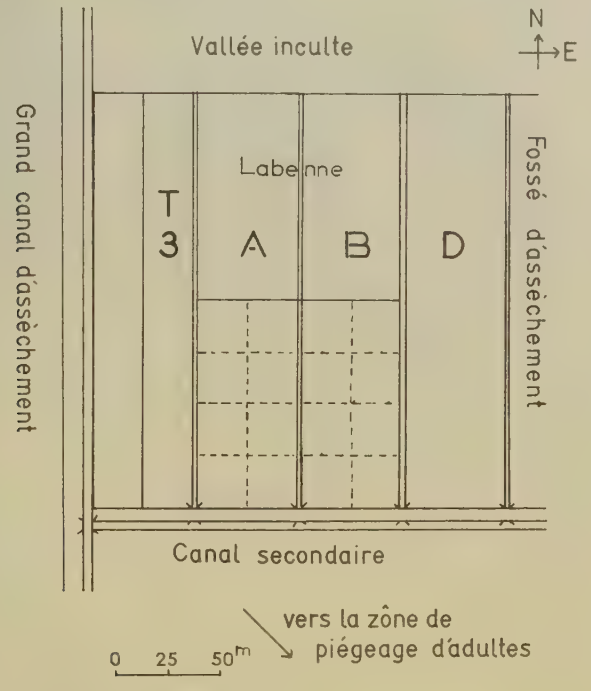


Fig. 1. — Disposition des parcelles expérimentales au Domaine d'Orx à Labenne (Landes).

Au cours d'essais de traitement complet du sol (13), nous avions constaté dès la première année après le traitement (1951) une végétation normale sur les parcelles témoins. La superficie de ces parcelles (25 × 50 m) nous permettait d'émettre l'hypothèse d'une influence des façons culturales sur la population larvaire.

C'est pourquoi, en avril 1956, avons-nous délimité, dans une vallée inculte d'une dizaine d'hectares, trois parcelles de 50 × 200 m, destinées à être séparées par des fossés (fig. 1). La première parcelle, sise près d'un canal d'assèchement, restera en friche et servira de témoin (T. 3). Les deux autres (A et B) recevront un dispositif de double carré latin 4 × 4 dont les parcelles auront donc 625 mètres carrés (25 × 25) et portant les

« traitements » suivants : insecticide + chaulage, insecticide seul, chaulage seul et témoin (T AB).

Le traitement insecticide fut réalisé par traitement liquide sur la ligne de semis et apporta 1,5 kg de M. A. (aldrine) aux dix mille mètres de ligne.

Le chaulage fut fait en avril 1957 à la dose de 2 t à l'hectare.

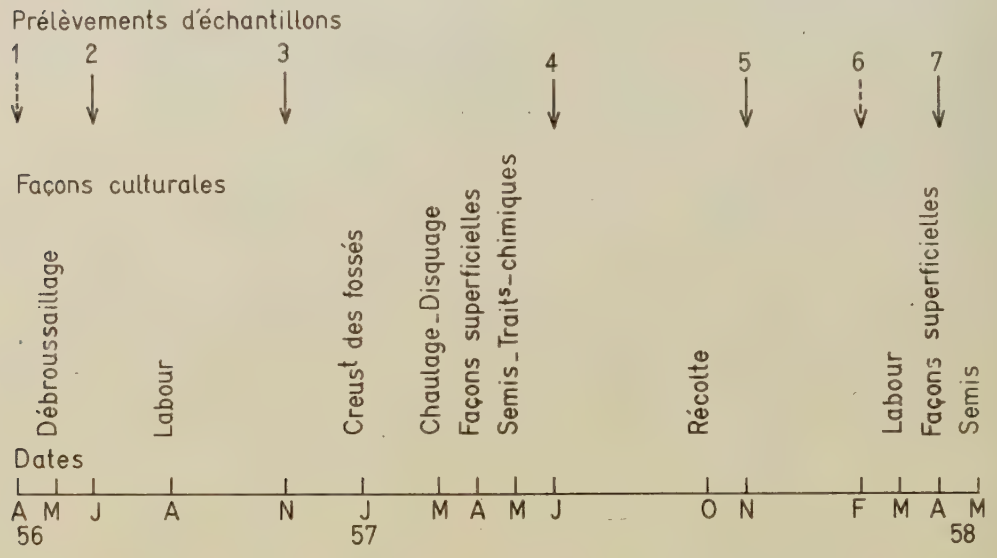


Fig. 2. — Calendrier des opérations culturales et des prélèvements d'échantillons au Domaine d'Orx à Labenne (Landes).

Le schéma (fig. 2) des interventions indique les dates des différentes opérations culturales et chimiques ainsi que celles des principaux prélèvements d'échantillons pour le contrôle des populations.

2° **Parcelle de Pantagnan — Aire sur Adour.** — Les détails concernant cette parcelle ont été donnés dans une précédente publication (9). Nous rappelons que nous y avons comparé les méthodes de traitement du sol « complets » et « localisés » dans un dispositif de blocs à quatre répétitions en utilisant un seul insecticide : l'aldrine aux doses suivantes :

traitement complet (C) dose forte (F) 6 kg MA/ha ; dose faible (*f*) 3 kg MA/ha ;

traitement localisé (L) dose forte (F) 1,8 kg MA/10 000 m ; dose faible (*f*) 0,9 kg MA/10 000 m.

Une bande témoin cultivée, mais non traitée, figure en dehors de l'essai proprement dit.

Cette parcelle a été cultivée en maïs successivement en 1957 et 1958 sans nouveau traitement. Les prélèvements ont eu lieu chaque année en mars de 1957 à 1960.

B. — Prélèvement et tri des échantillons

Tous les résultats rapportés ici ont été obtenus par l'utilisation d'une même méthode de prélèvement d'échantillons de sol et de leur tri.

Notre technique de prélèvement est basée sur l'expérience acquise à ce sujet en Grande-Bretagne (14) et plus près de nous par d'Aguilar (6). Nous avons utilisé une sonde hélicoïdale de dix centimètres de diamètre.

Fig. 3. — Matériel utilisé pour le tri des échantillons.

Sur un même emplacement, nous avons prélevé la couche comprise entre la surface et 15 cm (appelée « sol »), et celle comprise entre 15 et 30 cm (appelée « sous-sol »). Un échantillon complet comprend deux prélèvements à double profondeur situés à un mètre de distance. Dans les cultures en ligne, ces deux prélèvements sont situés l'un sur la ligne, l'autre dans l'interligne. Le nombre de prélèvements, variable selon la précision recherchée, sera donné plus loin pour chaque cas.

Placés en sacs de polyéthylène, les échantillons sont transportés au laboratoire. Nous avons utilisé pour leur tri une simplification de la méthode décrite par Cockbill et coll. (14). Le contenu de chaque sac

est placé sur un tamis et lavé au jet (fig. 3). Nous avons, selon les sols, employé en totalité ou en partie une série de tamis aux vides de maille dégressifs de 10, 5, 2 et 0,36 millimètres. Ce dernier tamis en acier inoxydable, est toujours utilisé. A la fin du lavage, il est trempé dans une solution saline (densité voisine de 1,18).

Toutes les larves remontent alors en surface et sont aisément recueillies à la pince souple.

Cependant, certaines terres ne se prêtent pas facilement à un tri par cette méthode : elles ont pu être examinées par un « émiettage » à la main.

Au cours de la période 1956-1959, nous avons ainsi prélevé et trié 1761 échantillons (1).

C. — Analyse des résultats

1° **Estimation des populations.** — A de très rares exceptions près (Saint-Loubouer, où furent trouvées quelques larves du genre *Athous*), toutes les larves recueillies appartenaient au genre *Agriotes*, et toutes les valeurs que nous indiquerons par la suite se rapportent donc à des populations de ce genre uniquement, mais sans distinction d'espèce.

A partir des données fournies par le tri, l'évaluation de la population globale est obtenue selon la méthode indiquée par Arnoux. La distribution des larves de Taupins dans les échantillons se rapprochant d'une distribution de Poisson, la transformation des données (x) en leur racine carrée ($\sqrt{x}$) rendant la variance de la moyenne indépendante de la valeur de cette dernière, permet l'application des tests de signification basés sur l'utilisation de la loi normale de distribution.

On peut également rigoureusement calculer les limites de confiance des valeurs moyennes obtenues au seuil de probabilité désirée (20). Les valeurs que nous donnons entre parenthèses pour chaque estimation de population correspondent au seuil P = 0,10 (c'est-à-dire qu'il y a 90 p. 100 de chance pour que la moyenne réelle se trouve entre les limites indiquées).

2° **Classement des larves.** — Nous avons mesuré, au millimètre près seulement, la longueur de toutes les larves d'*Agriotes* récoltées et examiné la fréquence des larves des diverses tailles dans les populations étudiées. N'ignorant pas que les tailles larvaires aux différents âges varient selon le régime (16), il nous a cependant paru utile, pour la commodité de l'exposé, d'envisager des classes de tailles. Celles-ci regroupent, pour un même champ relativement homogène, les larves supposées issues de la

(1) Nous remercions tous ceux qui nous ont apporté leur aide à ces occasions, en particulier A. Berejnoi qui a participé à de nombreux sondages.

même période de ponte. Nous appelons ainsi respectivement A1, A2, A3 et A4 les différentes classes de taille susceptibles de grouper théoriquement les larves se trouvant dans leur première, deuxième ,troisième et quatrième année de croissance, à partir de l'éclosion (juillet) et jusqu'à la nymphose (juillet). Nous avons eu recours, pour l'établissement des

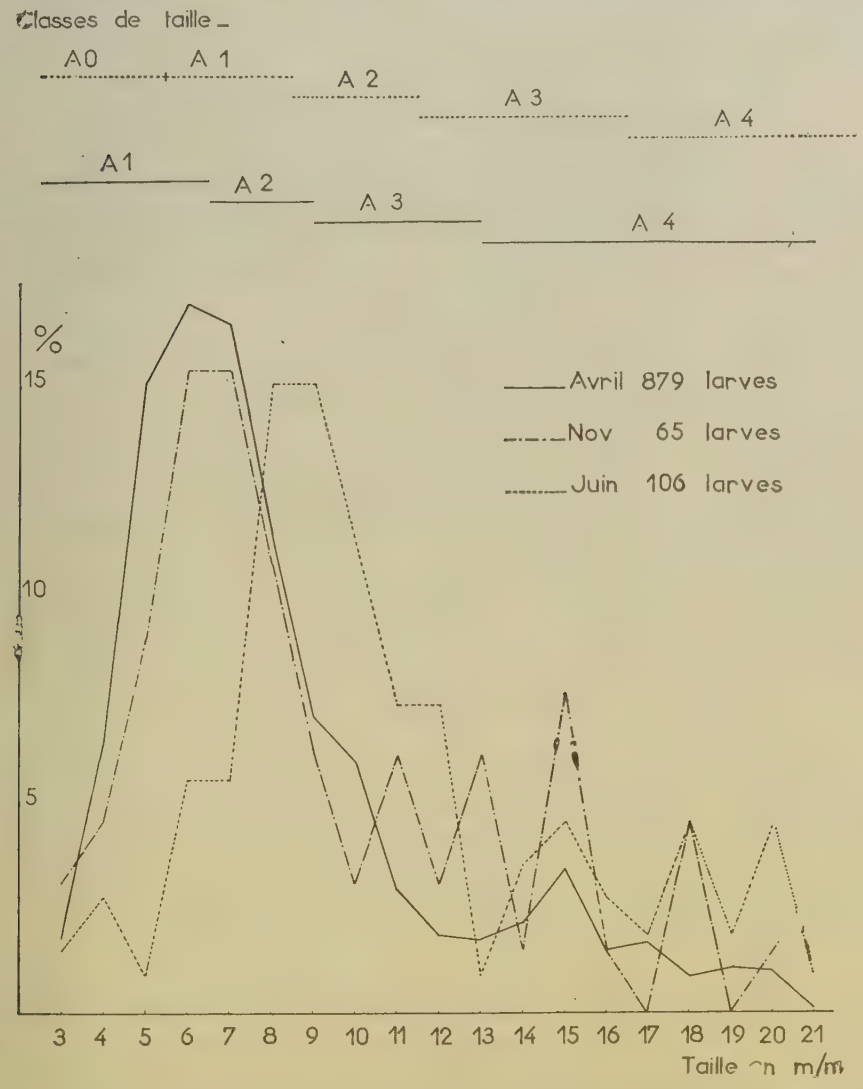


FIG. 4. — Courbes de fréquences des tailles des larves d'*Agriotes* récoltées à diverses époques de l'année. En haut : essai de détermination des limites des classes de taille (prélèvements d'avril et de novembre : trait plein ; prélèvements de juin en pointillés).

limites de ces classes de taille, à l'examen des courbes de fréquence des tailles rencontrées au cours de prélèvements effectués à diverses époques de l'année dans des sols non cultivés.

Or, les décalages de ces courbes de fréquence des tailles (fig. 4), et l'observation de nombreuses mues lors de tris d'échantillons en mai,

confirment l'existence de deux mues annuelles indiquées dans le tableau donné par BALACHOWSKY et MESNIL (11) et utilisé ci-contre (fig. 5). Ce tableau montre les différents stades larvaires pouvant être représentés dans nos divers prélèvements. On y voit en particulier que ce sont les mêmes stades larvaires qui composent les populations de mars, avril et de novembre, mais qu'ils sont différents de ceux présents dans celles de juin.

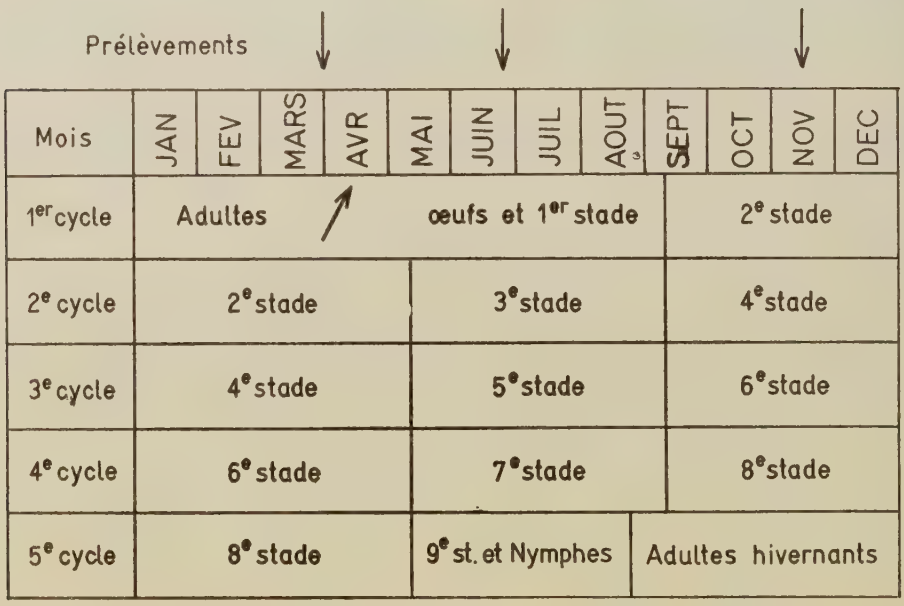


FIG. 5. — Tableau de développement des larves d'*Agriotes* (d'après BALACHOWSKY et MESNIL), indiquant les stades larvaires présents dans divers prélèvements.

Ce caractère nous oblige donc à décaler les limites théoriques des classes selon les dates des prélèvements (tableau I). D'autre part, ces classes sont d'importance croissante pour tenir compte des différents taux de croissance pouvant se manifester chez les divers individus d'une même population, tendant à accentuer les différences de taille vers la fin de la vie larvaire.

TABLEAU I. — *Essai de répartition par année des larves d'*Agriotes *récoltées selon les tailles observées.*

Date des prélèvements	Mars, avril ou novembre		Juin	
	Stade larvaire	Taille en mm.	Stade larvaire	Taille en mm.
Année A1	2e	3 — 6	1er et 3e	3 — 8
Année A2	4e	7 — 9	5e	9 — 11
Année A3	6e	10 — 13	7e	12 — 16
Année A4	8e	⩾ 14	9e	⩾ 17

D. — Observations sur les adultes

1° **Piégeage au moyen de bottillons.** — La détermination spécifique des larves du genre *Agriotes* étant délicate, nous avons pensé préciser les espèces existantes dans les parcelles étudiées grâce aux piégeages d'adultes. Ceux-ci ont été particulièrement importants au Domaine d'Orx. Réalisés à plusieurs reprises, avec des bottillons de diverses plantes,

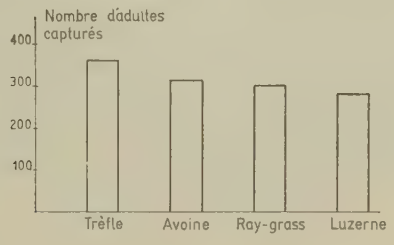


FIG. 6. — Concentration des adultes d'*Agriotes* sous des bottillons de diverses plantes (Labenne 1956).

selon la méthode depuis longtemps recommandée (21) et récemment étudiée par d'AGUILAR (1-2), ils ont permis d'établir la présence presque exclusive d'*Agriotes lineatus* L. accompagné de quelques individus d'*A. obscurus* L.

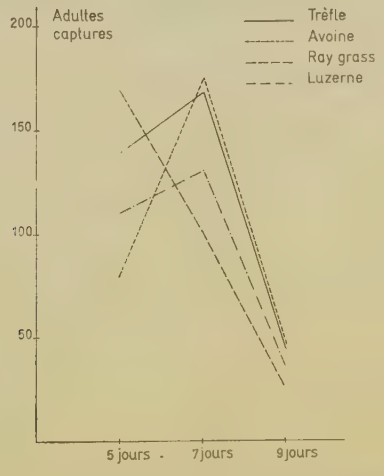


FIG. 7. — Rapidité des groupements d'adultes d'*Agriotes* sous des bottillons de diverses plantes (Labenne 1956).

En outre, un de ces essais a fourni quelques renseignements sur cette technique de piégeage. Sur une parcelle inculte voisine des parcelles d'essais, nous avons comparé l'attractivité des plantes suivantes : avoine cultivée, trèfle, luzerne et ray-grass. Chaque espèce végétale était représentée par 16 bottillons, la disposition générale consistant en quatre carrés latins où

chaque espèce prenait la place d'un « traitement ». Les distances entre bottillons étaient d'environ 10 mètres.

Au bout de neuf jours, du 7 au 16 juin 1956, nous avons récolté sur un hectare 1268 adultes se répartissant à peu près également entre les divers appâts, avec une concentration légèrement supérieure sur le trèfle (fig. 6). Cependant, l'examen des captures aux cinquième, septième et neuvième jours fait apparaître (fig. 7) des différences significatives dans la rapidité d'action des divers bottillons, imputables elles-mêmes aux différences de rapidité de libération des substances attractives au cours de la dessication. En effet, aucune capture n'était intervenue au troisième jour après la pose des bottillons.

2° **Observations sur des déplacements au vol.** — D'autre part, nous avons eu à deux reprises, en fin d'après-midi, en juin, l'occasion d'observer des déplacements en vol, de quelques individus d'*Agriotes* (*lineatus* et *obscurus*). Ces vols dont l'altitude variait entre cinquante centimètres et deux mètres, se poursuivaient sur des dizaines de mètres, différant en cela de ceux observés par d'Aguilar en Bretagne (4). De toute façon, ils restent extrêmement rares et des bottillons de luzerne et d'avoine placés sur des supports à 1 mètre du sol n'ont permis de récolter, sur la période précédemment citée, que 12 *Agriotes* pour 15 pièges.

III. — LES POPULATIONS DES PRAIRIES NATURELLES

1° **Importance numérique globale.** — Les populations larvaires printanières des onze prairies naturelles que nous avons examinées variaient dans d'assez grandes proportions : d'un maximum de 1 500

Tableau II

Populations larvaires dans de vieilles prairies naturelles du Sud-Ouest. Prélèvements de printemps.

Localité	Labenne A	Labenne B	Parle-boscq	Aire	Bascons	Doazit	Labenne Lac	Saint Loubouer	Saint Sever	Bonnut	Gaujacq
Date de prélèvement	1956	1956	1956	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1958	1958
Nombre d'échantillons ...	96	96	16	80	27	24	24	18	36	36	32
N. larves p/ échantillon (données transformées)	0,9847	1,3948	0,7089	1,4767	1,5364	0,9922	0,4156	1,0482	1,3606	0,7412	0,8564
Variance de la moyenne..	0,0038	0,0058	0,0213	0,0052	0,0217	0,0260	0,0233	0,0269	0,0266	0,0129	0,0157
Population (millier de larves à l'hectare)	617	1 238	320	1 388	1 503	627	110	699	1 178	350	545
Lim. fiduc. inf. P = 0,10	495	1 023	131	1 172	1 051	326	15	371	735	192	264
Lim. fiduc. sup. P = 0,10	753	1 474	592	1 622	2 035	1 025	291	1 132	1 726	554	680

(1050-2035) milliers de larves à l'hectare (Bascons) à un minimum de 110 (151-291) milliers de larves (Labenne Lac). Les vieilles prairies du Sud-Ouest ne sont donc pas obligatoirement infestées de larves d'Élatérides et il s'avère donc qu'une estimation de population devrait logiquement précéder toute intervention chimique (tableau II).

2° **Variations des populations au cours de l'année.** — En Grande-Bretagne, Ross, Stapley et Cockbill (25) ont mis en évidence, grâce à des sondages mensuels, certaines variations de populations se manifestant dans des sols de prairie. A partir d'un minimum en juillet-août, le nombre total d'individus s'élève lentement jusqu'à un maximum situé en janvier-avril, puis décroît brusquement d'avril à juillet.

Nous n'avons pas de série de sondages systématiques sur une prairie permanente. Néanmoins, les parcelles Labenne apportent certaines indications, confirmant les observations des auteurs anglais : diminution brutale de la population entre avril et juin (parc A. B.) et augmentation sensible entre juin et novembre, cette dernière dûe probablement à la naissance des larves issues de pontes de juin-juillet (tableau III) (T3).

Tableau III

Variations saisonnières des populations en sol de prairie (en milliers de larves à l'hectare).

Dates des prélèvements	avril 1956	juin 1956	novembre 1956	juin 1957	novembre 1957
Labenne TAB.....	1 215	351	—	—	—
Labenne T_3.....	—	314	346	169	184

Et c'est pourquoi dans l'estimation des populations, en vue de déterminer un seuil de nuisibilité par exemple, il devra être tenu compte de la date du prélèvement. Par ailleurs, dans une série d'observations sur l'évolution des populations, seuls les sondages effectués aux mêmes époques de l'année seront comparables entre eux.

3° **Composition des populations au printemps.** — Quels que soient le lieu et l'année du prélèvement ainsi que l'importance globale de la population, la répartition des tailles (longueur en mm) présente un caractère de constance assez frappant. Dans tous les cas, l'ensemble (A1 + A2) par exemple, représente environ les trois-quarts de la population (1956, Labenne : 82 p. 100; 1957, Bascons 81 p. 100, Doazit 76 p. 100, Saint-Sever 74 p. 100, Aire 72 p. 100; 1958, Bonnut 67 p. 100). Cette similitude de composition pour des populations éloignées nous incite à établir une composition type qui paraît être la suivante : A1 41 p. 100, A2 35 p. 100, A3 14 p. 100 et A4 10 p. 100, pour définir une population larvaire printanière en sol de prairie dans le Sud-Ouest.

4° **Répartition en profondeur.** — Au cours de prospections faites en fin d'hiver (février-mars), nous avons été frappés de découvrir de très nombreuses larves dans le chevelu des racines de graminées, immédiatement sous la surface du sol. L'ensemble de nos prélèvements de printemps

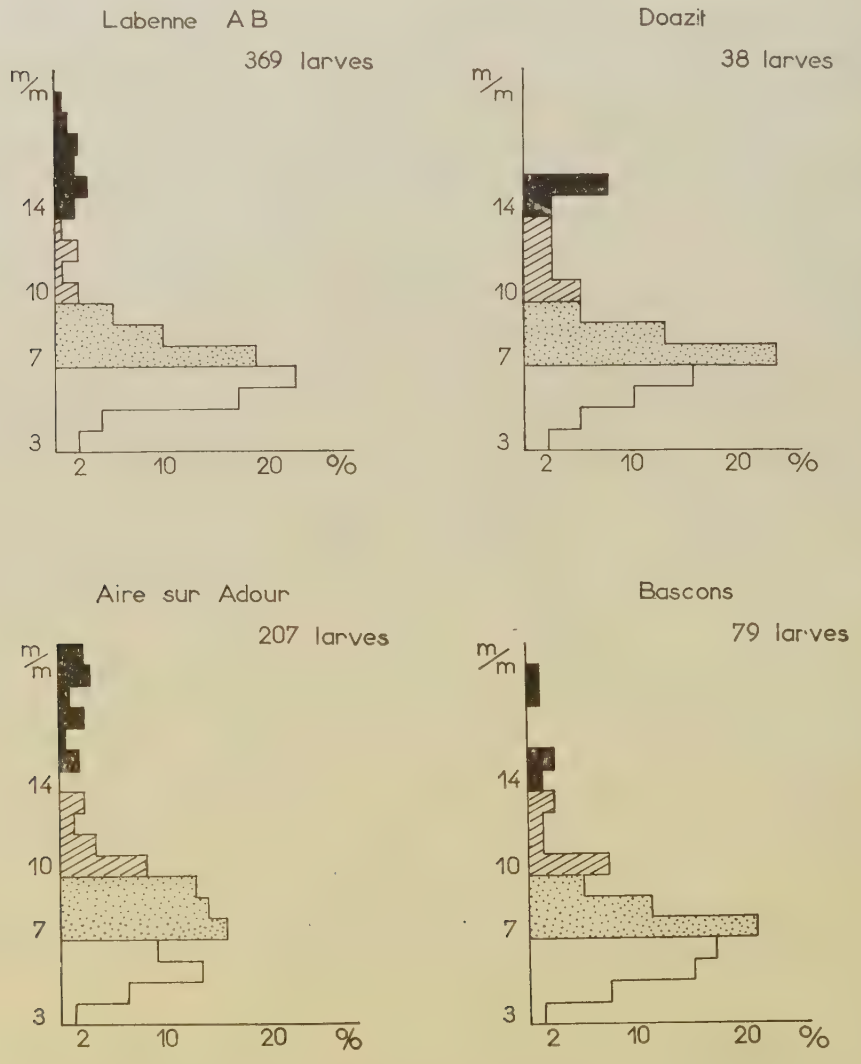


Fig. 8. — Exemples de composition, selon les diverses classes de taille, des populations larvaires printanières d'*Agriotes* en sol de prairie dans le Sud-Ouest (1956-1958). Les nombres de larves indiquées sont ceux recueillis dans l'ensemble des échantillons de chaque parcelle (A1 en blanc, A2 pointillés, A3 hachurés, A4 en noir).

en prairie confirme ces observations : environ 75 p. 100 de la population se trouve dans les quinze premiers centimètres et les proportions sont approximativement les mêmes pour tous les âges (tableau IV).

Cette répartition varie cependant suivant les saisons. Dans la parcelle Labenne (fig. 9), le groupement des larves dans les quinze premiers centimètres est maximum en novembre et avril.

TABLEAU IV

Répartition en profondeur des larves récoltées sur prairies naturelles au printemps

Age des larves	A 1	A 2	A 3	A 4
Larves présentes				
de 0 à 15 cm de profondeur....	259 73 %	208 76 %	93 73 %	88 81 %
de 15 à 30 cm.....	97 27 %	67 24 %	34 27 %	21 19 %

Deux facteurs distincts semblent à priori gouverner les migrations vers la profondeur : les modifications du plan d'eau expliqueraient les chiffres de juin, l'abaissement de température en hiver ceux de février. Ces mouvements verticaux affecteraient surtout les A4, mais le petit nombre de larves recueillies empêche d'être catégorique sur ce point.

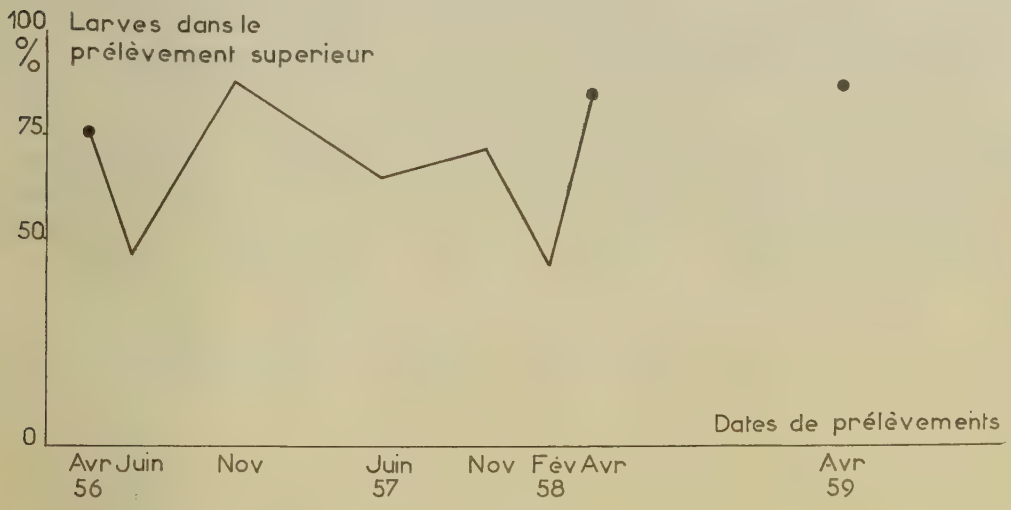


FIG. 9. — Pourcentages de larves présentes dans les quinze premiers centimètres du sol lors de prélèvements à différentes époques (Labenne T3).

5° **Dispersion des larves.** — Sur les données non encore transformées du prélèvement Labenne AB (avril 1956) totalisant 192 échantillons, nous avons comparé (fig. 10) la distribution observée avec la distribution théorique calculée d'après la formule de la série de Poisson. On sait que la principale caractéristique de cette distribution est que sa variance égale sa moyenne et que l'on peut envisager un coefficient de dispersion $\frac{S(x - \bar{x})^2}{\bar{x}(n - 1)}$ qui dans le cas d'une distribution au hasard est égal à 1 (7). L'accord est bon pour les populations envisagées dans l'ensemble : Labenne 1,56 ± 0,21, Aire 0,986 ± 0,320, c'est-à-dire que d'après nos

échantillons, les larves se répartissent à peu près au hasard dans les parcelles étudiées.

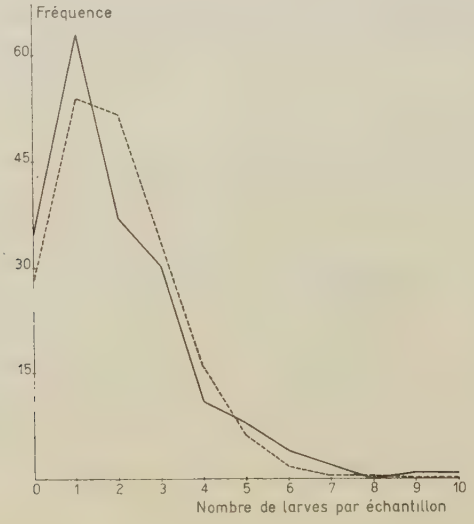


FIG. 10. — Ajustement de la distribution observée de larves dans les échantillons (trait plein) avec la distribution de Poisson théorique (pointillé)

En étudiant séparément les distributions des différentes classes, on s'aperçoit (Labenne AB) que seules les A1 et A2 présentent un coefficient significativement supérieur à 1,c'est-à-dire que la répartition des larves de ces classes est moins uniforme que celle attendue d'une distribution purement au hasard.

IV. — INFLUENCES DES FAÇONS CULTURALES

A. — Essais en bacs

Pour mettre en évidence les cultures les plus favorables au développement des Taupins, d'AGUILAR (5) a réalisé des essais de compétition en déposant des adultes dans des bacs où prenaient place diverses cultures. Un criblage de la terre permettait le dénombrement des larves. D'une manière similaire, nous avons voulu étudier l'action des façons culturales du maïs sur des larves de divers âges (A1 et A3). Ces dernières récoltées dans des prélèvements triés à la main, en mai, ont été placées dans des bacs à fond grillagé, d'un mètre carré environ. Les uns, ensemencés en maïs en ligne reçurent des binages légers analogues aux façons culturales normales, les autres furent laissés sans intervention après un semis très dense de maïs. Malheureusement, cette transplantation de larves dans les sols de « graves » dont nous disposions se solda dans tous les cas par une très forte mortalité. Il en fut d'ailleurs de même pour d'autres essais du même genre où nous voulions réaliser des taux d'infestation croissante

pour déterminer leur répercussion sur l'importance des dégâts. Nous ne pûmes donc tirer de conclusion nette de ces essais et nous avons alors renoncé à d'autres expériences de ce type.

B. — Essais et observations de plein champ

Cockbill et coll. (15) ont étudié l'influence d'un labour estival et d'une jachère sur les populations. Ils remarquent une légère augmentation jusqu'en décembre, suivie d'un déclin jusqu'en mars. La chute de population au printemps et dans l'été qui suivent le labour n'est pas plus marquée que celle observée en prairie, mais elle est définitive et c'est une diminution de 30 à 70 p. 100 qui est atteinte après la première récolte.

De notre côté nous avons comparé les variations de population entre une prairie permanente (Labenne T3) et les parcelles voisines (TAB), labourées en août, puis ensemencées l'année suivante en maïs, sans recevoir de traitement insecticide (fig. 1 et 2).

1° **Modification de l'importance numérique totale de la population.**

a) *Labour d'été.* — L'étude des variations des deux populations T3 et TAB (fig. 11) entraîne les quelques remarques suivantes :

— le labour au mois d'août n'empêche pas la manifestation d'une augmentation de population entre juin et novembre de la même année, comme cela semble avoir tendance à se produire en sol de prairie (peut-être à la suite des éclosions de jeunes larves) ;

— cette augmentation est suivie d'une déclin très net ramenant la population larvaire en début juin de l'année suivante à 24 000 (5 000-57 000) larves à l'hectare pour 351 000 (135 000-667 000) larves à l'hectare en juin avant le labour, soit une diminution de 93 p. 100. Cette diminution de population est beaucoup plus importante que celle observée sur la prairie T3 par suite du débroussaillage et de l'abaissement de l'humidité (24) provoquée par le creusement des fossés (T3 juin 1956 = 314 (127-584) milliers de larves à l'hectare ; T3 juin 1957 = 169 (80-289) milliers de larves à l'hectare, soit une diminution de l'ordre de 45 p. 100);

— enfin, cette diminution est définitive puisqu'on ne constate pas en 1957 l'augmentation saisonnière remarquée sur T3 entre juin et novembre 1957, mais bien au contraire de nouvelles baisses allant jusqu'à la disparition quasi complète de la population (1 larve pour 32 échantillons en avril 1958, soit une population de 600 (300-1800) larves à l'hectare).

b) *Labour de printemps.* — Dans une situation différente (Aire), avec un labour de printemps (avril), cette baisse de population (sur la parcelle témoin labourée et cultivée en maïs), s'observe toujours, mais avec une bien moins grande amplitude (diminution voisine de 40 p. 100)

(fig. 14) en première année. Cette chute de population s'accélère nettement au cours de la deuxième année de culture de maïs. En avril 1959, on ne

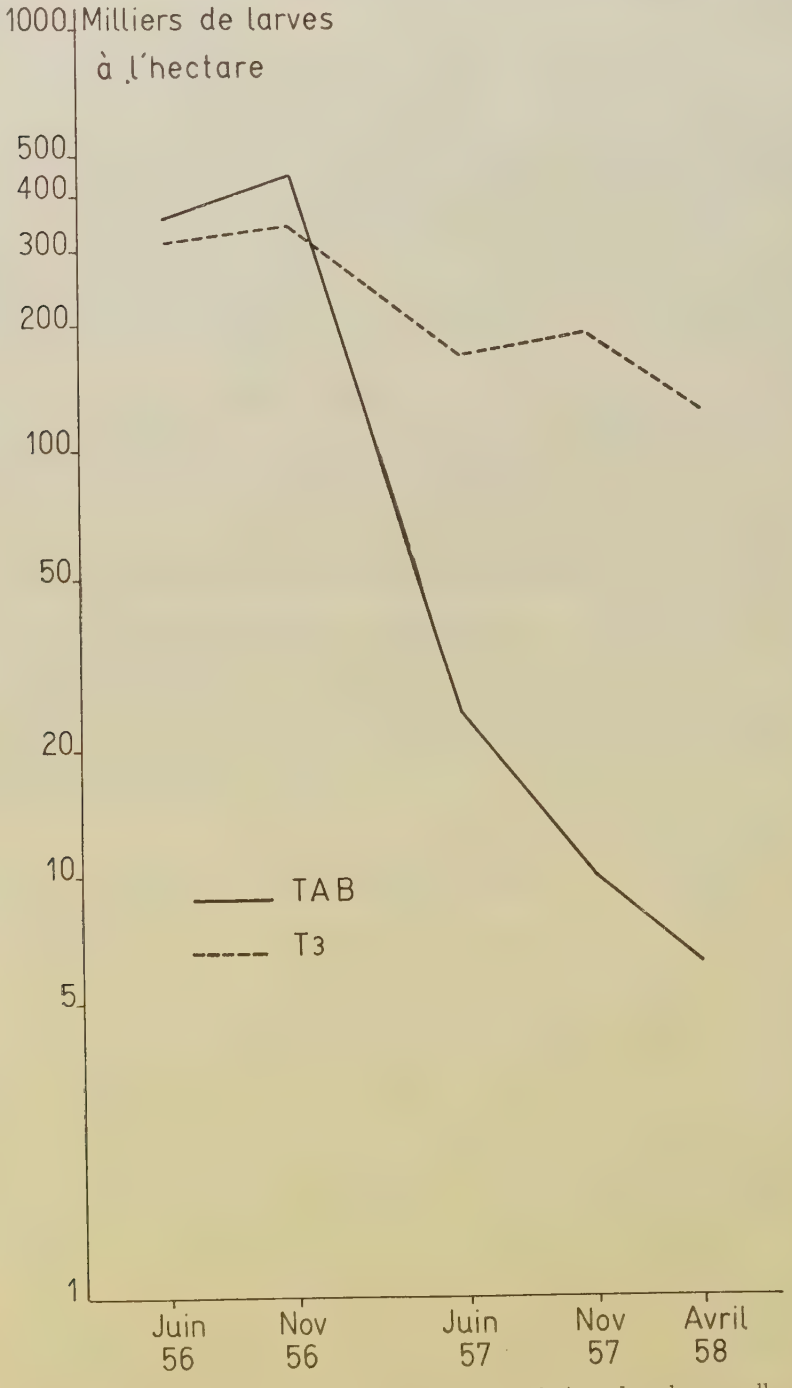


FIG. 11. — Variations de l'importance numérique des populations dans les parcelles cultivées (trait plein) et la parcelle témoin inculte (trait pointillé).

retrouvait que 57 (7-152) milliers de larves à l'hectare, soit au plus 5 à 10 p. 100 de la population de 1957.

2° **Modifications de la composition des populations.**

a) *Essais de Labenne.* — Les pourcentages de larves de diverses classes de taille recueillies dans les sondages successifs figurent dans les deux séries comparatives de diagrammes (T3 et TAB) (fig. 12). Ces valeurs

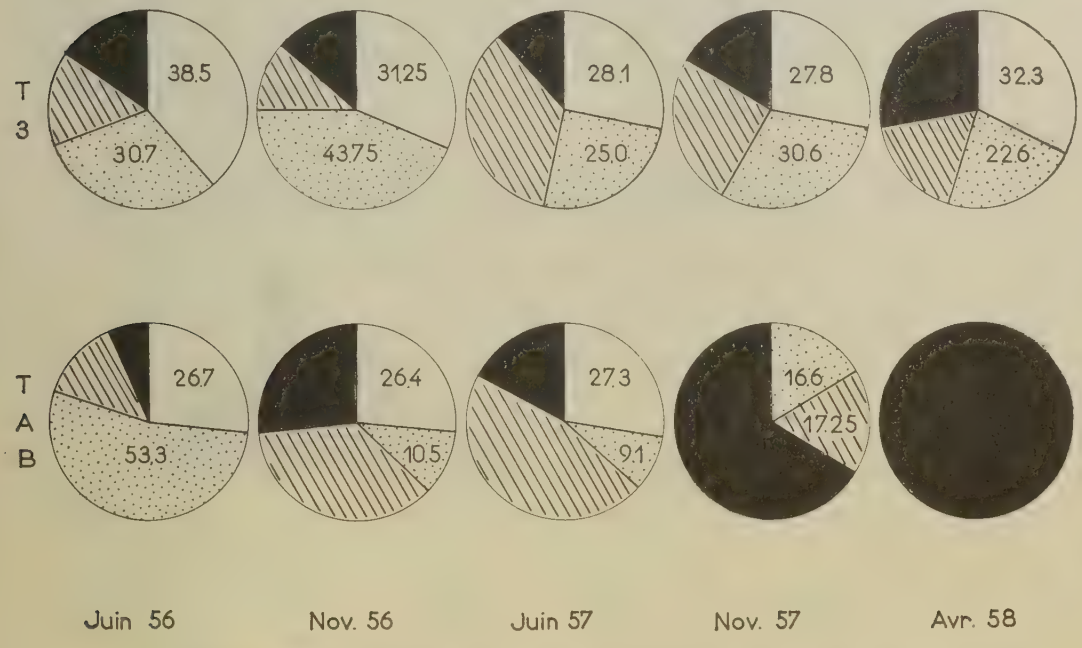


FIG. 12. — Variations des pourcentages observés des diverses classes de taille dans les prélèvements successifs dans les parcelles T3, témoin inculte (en haut), et TAB cultivées sans traitement chimique (en bas). — A1 en blanc, A2 cercles, A3 hachures, A4 en noir.

ne peuvent évidemment pas être considérées avec une confiance absolue. Elles sont affectées en effet à la fois par les erreurs d'échantillonnage et par le système arbitraire de définition des classes de taille. Cependant l'examen de ces diagrammes et la considération des passages aux classes supérieures entre juin et novembre permettent certaines déductions :

— le labour estival ne perturbe pas immédiatement le développement des larves issues des pontes de l'année. Les larves âgées A4 ne seraient également que peu touchées ;

— de novembre 1956 à juin 1957, la mortalité est équivalente pour toutes les classes ;

— la population de novembre 1957 est caractérisée par l'absence de petites larves (taille inférieure à 6 millimètres) A1 pouvant correspondre aux pontes de l'année et par l'augmentation des A4 (66 p. 100) ;

— en avril 1958, c'est-à-dire avant la deuxième culture de maïs, seules subsistent des larves classées A4 (taille supérieure à 14 millimètres).

b) *Aire-sur-Adour.* — Les relevés d'Aire-sur-Adour confirment ces observations. Les pourcentages de larves (A1 + A2) varient entre les prélèvements de 1957 et ceux de 1958, de 73 p. 100 à 54 p. 100. Au printemps 1959, on remarque là encore l'absence de petites larves (taille inférieure à 8 millimètres) ; le total (A1 + A2) tombe ainsi à 33 p. 100.

c) *Autres observations.* — En dehors de ces essais, nous avons pu examiner deux populations en sol cultivé (fig. 13) ;

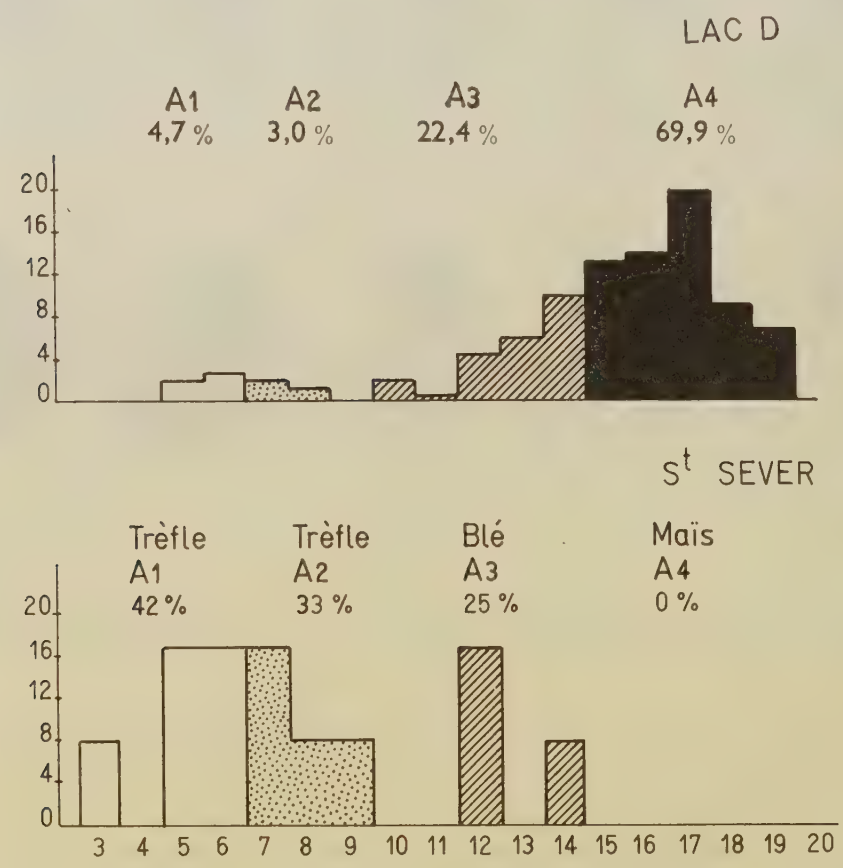


FIG. 13. — Exemples de populations rencontrées en sol cultivé (Labenne D, après 1 an de Maïs, St-Sever : assolement quadriennal : Maïs, Blé, Fourrages).

— la première parcelle (Labenne D) est analogue à nos parcelles d'essais (Labenne AB). Elle a été labourée en été. En avril suivant, sa population de 3 325 (2 336 - 4 487) milliers de larves à l'hectare comprend 92 p. 100 de larves âgées (A3 + A4) ;

— le champ « Cadeyré » à St-Sever reçoit depuis longtemps l'assolement quadriennal : maïs + raves — trèfle incarnat — blé + trèfle — trèfle. Nous opérons la prospection (avril 1957), sur Trèfle. La population n'y est pas négligeable et s'élève à 200 (44-470) milliers de larves à l'hectare. Cet assolement, riche en fourrage, permet en effet le développement

des populations (1). Malgré le peu de larves recueillies dans les 16 échantillons, on remarque cependant l'absence de grosses larves (correspondant à notre classification A4), c'est-à-dire de celles issues de pontes qui auraient été déposées sur maïs, seule culture sarclée de l'assolement.

Contrairement à ce que l'on observe dans les prairies naturelles, les compositions de populations des sols cultivés, soumises aux influences exercées par les différentes cultures, peuvent être extrêmement variables. Une simple estimation de la population totale peut donc conduire à des prévisions erronées.

V. — INFLUENCES DES TRAITEMENTS CHIMIQUES

A. — Traitement de toute la surface du sol

A St-Sever, une prairie d'un hectare, renfermant une population de 1 178 (735-1 726) milliers de larves à l'hectare, a été retournée en avril 1957 et reçut avant le semis de maïs les traitements suivants : aldrine 4 kg, chlordane 8 kg et heptachlore 4 kg MA/ha (30 avril).

En 1958, puis en 1960, nous n'avons retrouvé aucune larve de Taupins dans les 64 échantillons prélevés.

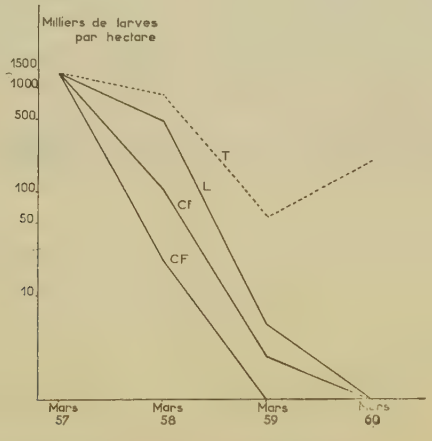


FIG. 14. — Diminution des populations à la suite d'interventions culturales chimiques (Aire-sur-Adour) (T = témoin cultivé, L = traitement localisé — CF et Cf = traitement complet à dose forte et à dose faible).

A Aire, l'analyse indique une différence significative entre les populations restantes après les traitements aux deux doses (larves par parcelles transformées : CF 1,1036 et Cf 2,4571 pour une différence significative de 1,2159 au seuil P = 0,05). Avec la dose forte, on ne retrouve au bout d'un an que 1,6 p. 100 de la population initiale alors que l'emploi

(1) Cette question a été étudiée en Bretagne par d'AGUILAR (3, 5). Ce dernier (communication orale) a obtenu des résultats confirmant ce point de vue.

de la dose faible (3 kg) laisse subsister une population égale à 7,7 p. 100 de la population de départ. Les compositions de ces populations sont comparées (fig. 15) à celles des populations des parcelles traitées en localisation (voir plus loin). Il s'agit surtout de jeunes larves qui, se déplaçant peu, n'auraient pas été en contact avec l'insecticide.

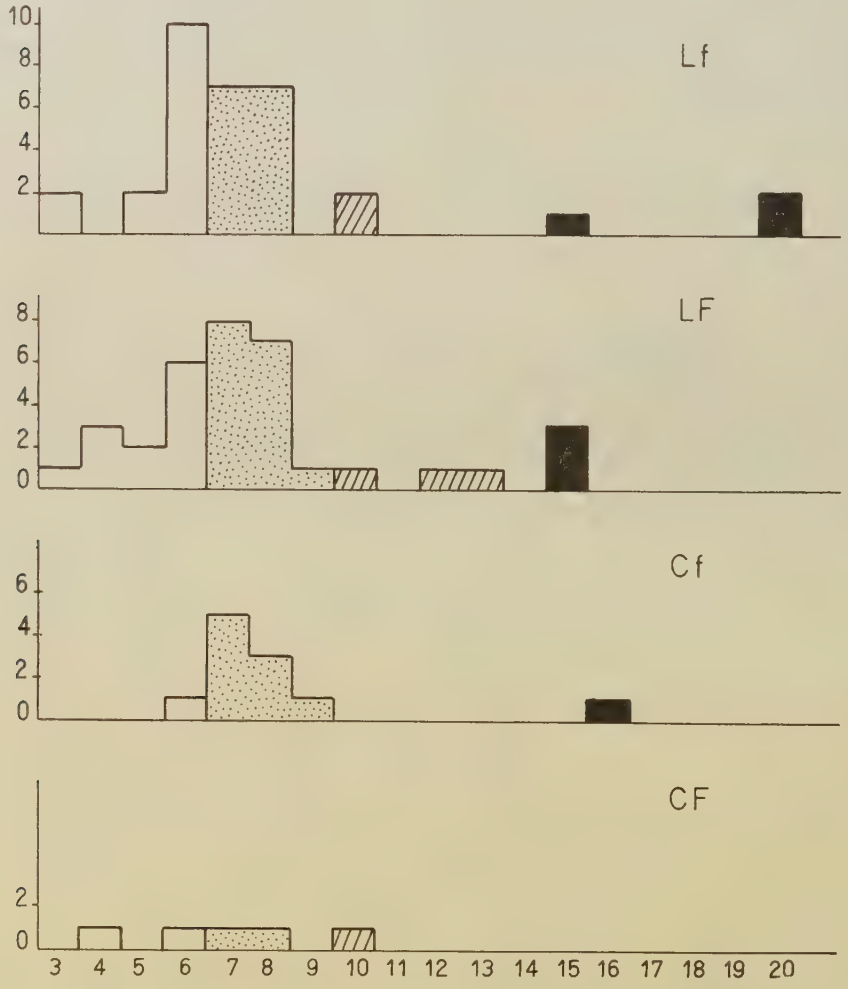


FIG. 15. — Tailles des larves récoltées dans les parcelles ayant reçu divers traitements chimiques (Aire-sur-Adour, mars 1958).

B. — Traitement sur la ligne de semis

1° **Déplacement des larves vers la ligne de semis.** — Avec divers expérimentateurs, nous avons montré la valeur de la technique des traitements localisés sur la ligne de semis du maïs pour la protection de cette culture contre les larves d'Elatérides (8, 9). L'efficacité larvicide de cette technique est liée à la présence des larves sur la ligne le plus tôt possible après le traitement.

Or, les larves de Taupins se déplaçant au hasard dans le sol, peuvent être attirées par le CO_2 libéré par la respiration des racines (18). De plus, certaines substances excrétées par les racines (asparagine, acide aspartique) contribuent à l'orientation des larves vers les racines et à leur maintien dans la zone où ces substances ont été détectées (26). Sur une terre exempte de mauvaises herbes, on peut donc s'attendre à une concentration de larves dans la zone des racines du maïs.

A Labenne, en fin juin 1957, un mois après le semis de maïs (16 mai), 76 p. 100 des larves récoltées se trouvent dans les prélèvements sur la

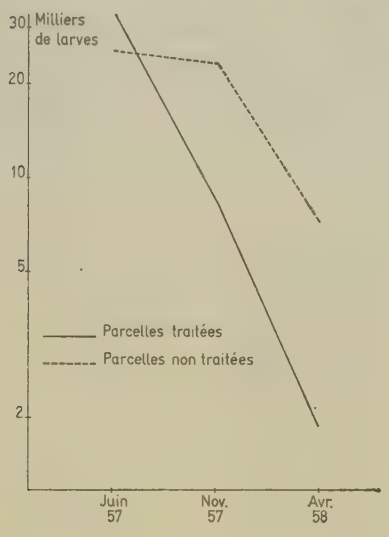


FIG. 16. — Comparaison des diminutions de populations dans les parcelles traitées en localisation (trait plein), et non traitées (pointillé), Labenne (1957-1958).

ligne. Cette tendance à une plus forte concentration de larves sur la ligne n'est pas masquée par l'insecticide (70 p. 100 sur la ligne). On trouve des larves de toutes tailles dans les deux localisations : aucun âge larvaire ne semble donc être spécialement attiré par le maïs. Comme dans la prairie voisine, les pourcentages de larves présentes dans le « sol » sont faibles, sans différence significative entre lignes traitées ou non (66 p. 100 dans le « sol » pour l'interligne, 47 p.100 sur la ligne).

D'autre part, on a montré (17, 18) que divers insecticides, dont l'aldrine, utilisés en traitement des semences de maïs, possédaient sur les larves de Taupins un pouvoir répulsif inhibant les réactions de prise de nourriture, mais n'empêchant pas les groupements sur la ligne de semis.

2° **Modification de l'importance numérique des populations.** — Cette question a pu être suivie en particulier à Labenne grâce au dispositif expérimental adopté. Semblables encore à celles des parcelles témoins (TAB) un mois après le traitement, les populations des parcelles traitées décroissent rapidement entre juin et novembre (fig. 16). Les populations

de novembre représentent respectivement 24 p. 100 (parcelles traitées) et 88 p. 100 (TAB) de celles de juin. Cette diminution se poursuit au cours de l'hiver, légèrement plus rapidement, aboutissant à 1 400 (368-5 312) larves au moment des nouveaux semis de maïs, soit 4 p. 100 de la population de juin 1957.

Des sondages faits à Bascons un an après le traitement sur les parcelles de traitements localisés ayant donné le meilleur résultat (aldrine 1 kg PA aux 10 000 mètres de ligne, heptachlore 0,75 kg (8)) indiquent une population de : 171 (76-454) milliers de larves, égale à 11 p. 100 de la population initiale (cf. tableau II).

A Aire, les traitements localisés (L) permettent le maintien de la population à un niveau égal à 30-40 p. 100 de celui constaté un an auparavant (fig. 14). D'autres sondages effectués à Aire sur d'autres parcelles traitées avec un insecticide-engrais apportant 1,2 kg d'aldrine aux 10 000 mètres de ligne, ont également montré l'existence un an après le traitement d'une population non négligeable. Cependant, les diminutions de population, constatées un an après traitement dans les parcelles traitées en localisation, se sont poursuivies et accentuées au cours de la deuxième année de culture de maïs ne recevant aucun traitement. Aucune larve n'a été retrouvée dans ces parcelles en 1960, alors que la population témoin se maintenait approximativement à son niveau de 1959.

3° **Composition des populations après le traitement.** — A Labenne, les relevés ont eu lieu un mois et six mois après le traitement. La comparaison des compositions des populations dans les ensembles de parcelles traitées ou non (fig. 17) et des diminutions de populations observées entre ces deux dates (fig. 16), conduit à penser que le traitement a assuré une destruction de larves âgées.

A Aire en 1958, un an après le traitement, la population est caractérisée par une abondance de larves de petite taille (A1 + A2) comparable en valeur absolue à celle retrouvée sur la parcelle témoin. En effet, le traitement localisé n'empêche ni les émergences d'adultes, ni les pontes et leur développement ultérieur sur l'interligne. Pour expliquer l'abondance des A2 en 1958, il faut admettre que ces larves (A1 au moment du traitement) ne se sont pas concentrées sur la ligne de semis immédiatement après le traitement et que n'ayant pas attaqué le maïs au niveau du collet des jeunes plants, elles n'aient pas pénétré dans la zone où se trouvait le pesticide. Plusieurs observations dans des cultures de maïs faites après le défrichement de prairies nous ont montré la présence de nombreuses jeunes larves demeurant dans des touffes de graminées enfouies par le labour. Cette observation rejoint celle de Bonnemaison (12) sur des enfouissements de luzerne.

La nature du sol semble jouer un rôle important sur les déplacements

des jeunes larves : celles-ci se groupant vraisemblablement mieux sur la ligne à Labenne ou Bascons en terres légères que dans les boulbènes de la vallée de l'Adour.

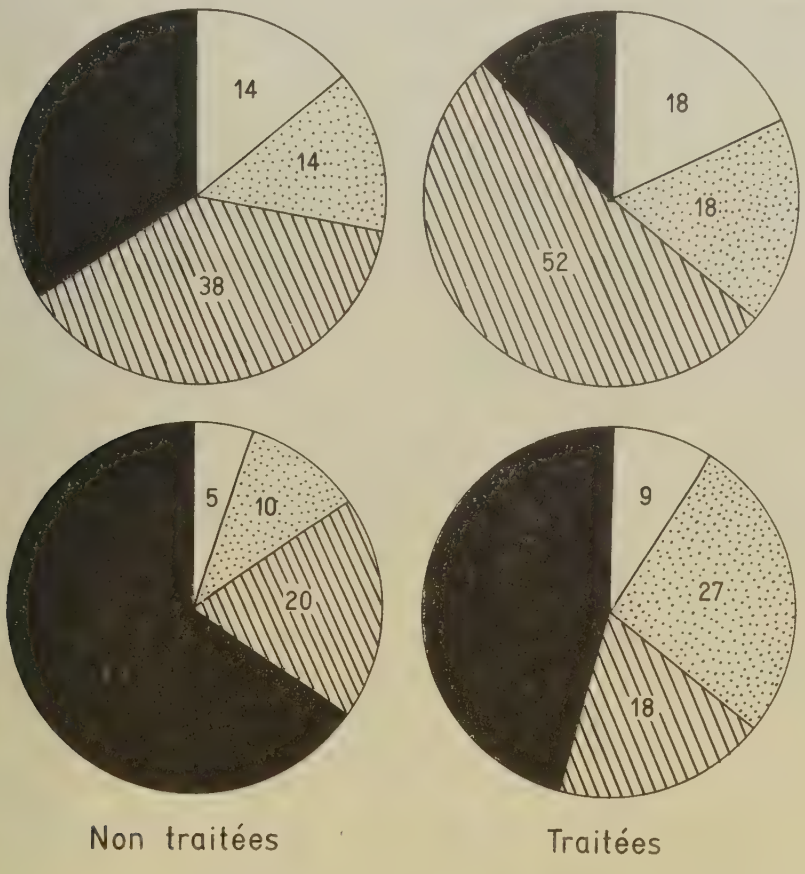


FIG. 17. — Variation des compositions des populations larvaires d'*Agriotes* dans les parcelles traitées en localisation (à droite), ou non traitées (à gauche). Labenne 1957.

VI. — POPULATIONS LARVAIRES ET DÉGATS SUR MAÏS

1° **Attaques entraînant des pertes de pieds.** — Sur le maïs, la forme la plus spectaculaire des attaques consiste en la destruction de jeunes plants. A la suite de l'alimentation d'une larve sur l'hypocotyle ou au collet de la plante, le pied, après une phase de rougissement caractéristique, se dessèche et meurt. Nous avons utilisé ce taux de destruction des jeunes plants pour caractériser des attaques et comparer l'efficacité des diverses méthodes de traitements ou des divers insecticides.

On admet généralement que les dégâts aux cultures sont sensibles à partir d'un seuil de population larvaire de 300 à 500 000 larves à l'hectare. Or étant données les grandes variations dans les compositions des popu-

lations, variations exposées aux chapitres précédents, il paraît impossible de relier un taux de destruction de jeunes plants à une densité de population larvaire en sol cultivé sans référence à la date des prélèvements et à la composition de la population. Des pertes notables sont en effet remarquées avec de très faibles populations.

TABLEAU V

Nombre de pieds de maïs aux 100 *mètres de ligne.*

Traitements	juin 1957	fin juillet 1957	juin 1958
Aldrine + chaux	538,9	538,0	461,1
Aldrine	493,2	506,5	458,1
Chaux	356,2	266,5	433,2
Témoin (TAB)	352,4	245,0	437,8
ppds P = 0,05	100,2	59,4	17,7
ppds P = 0,01	139,8	84,6	24,7

L'expérience de Labenne est intéressante à cet égard (tableau V). L'année du traitement (1957), la perte de pieds sur l'ensemble des parcelles témoins par rapport aux traitées s'élève à 31 p. 100 un mois après le semis et à 51 p. 100 en fin juillet pour une population larvaire estimée en juin à 26 (10-47) milliers de larves à l'hectare, mais où l'ensemble A3 + A4 représente 72 p. 100 de la population. L'année suivante, cette perte est encore de 5 p. 100 (la plus petite différence significative au taux P = 0,05 est de 1,9 p. 100) pour une population de 5 200 (815-20080) larves (avril 1958) avec 88 p. 100 d'A3 + A4.

On rapprochera de cette influence du nombre des larves âgées sur les dégâts l'observation d'Aire-sur-Adour où les traitements localisés, laissant subsister le même nombre de larves A1 que le témoin, permettent cependant une augmentation du nombre de pieds par rapport au témoin voisine de 50 p. 100 à la fin des attaques (fin juillet).

2° **Diminution de rendement.** — On observe couramment des mauvaises végétations consécutives à la présence de larves de Taupins attaquant le maïs, mais les baisses de rendement sont difficiles à mettre en évidence (fuite possible de larves vers les parcelles témoins, effet indirect de l'insecticide ou de sa charge sur la végétation).

A titre indicatif, nous pouvons cependant signaler que nous avons eu l'occasion de constater, pour un peuplement végétal sensiblement égal, de très nettes différences de récolte (10 quintaux/hectare) entre parcelles témoins et parcelles traitées en localisation à faible dose (10).

3° **Difficultés de détermination d'un seuil de nuisibilité.** — On voit qu'il est donc extrêmement difficile de déterminer avec précision un « seuil de nuisibilité ». Celui-ci ne saurait d'ailleurs être le même pour des

terres nouvellement défrichées où la plante ne rencontre pas ses conditions optima de végétation, et pour les sols anciennement cultivés.

On pourrait songer, dans le cas d'un labour de défrichement printanier de vieilles prairies naturelles à déterminer la relation entre les attaques et la population printanière avant défrichement. Cependant, les quelques résultats que nous avons pu examiner à ce point de vue ne permettent pas d'arriver à une conclusion.

VII. — RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

En adaptant des techniques de prélèvement et de tri d'échantillons de sol et en proposant la distinction de classes de taille chez les populations larvaires d'*Agriotes*, nous avons étudié, au point de vue importance numérique et composition, des populations larvaires de vieilles prairies destinées à être cultivées en maïs, puis les transformations de ces populations provoquées par les interventions culturales et éventuellement chimiques nécessitées par cette culture.

Nous pensons pouvoir tirer un certain nombre de conclusions de ces études :

1° Les populations des sols de prairies du Sud-Ouest sont de densité très variable (de 300 000 à un million et demi de larves à l'hectare), soulignant ainsi la nécessité de sondages avant les interventions chimiques. Les variations saisonnières de l'importance numérique et de la composition des populations imposent la réalisation de ces estimations à des dates déterminées.

2° La répartition des larves des populations printanières en sol de prairie dans les diverses classes de taille présente des caractères d'une assez grande constance : les larves de première et deuxième année constituant les trois-quarts de la population.

3° Les labours de retournement de prairie et les façons culturales complémentaires, précédant la mise en culture, entraînent à plus ou moins longue échéance de très importantes baisses de populations allant jusqu'à 93 p. 100 de la population initiale. Les labours d'été ou d'hiver seraient préférables à ce point de vue à ceux de printemps. En opposition avec les fluctuations saisonnières observées en sol non cultivé, ces diminutions sont définitives. En effet, on constate, dans les populations restantes, une très nette diminution du pourcentage des jeunes larves. Ces observations sont confirmées par l'examen de populations en sol cultivé.

4° La poursuite, pendant deux années consécutives, d'une culture sarclée (maïs) ramène la population à une très faible densité et assure une nouvelle diminution du pourcentage de jeunes larves allant parfois jusqu'à leur disparition.

5° Le traitement localisé sur la ligne de semis (aldrine) donne un bon peuplement végétal et entraîne immédiatement une mortalité supérieure à celle imputable aux façons culturales seules, principalement sur les larves âgées. Il se combine donc parfaitement avec l'action des façons culturales. De plus, la rémanence des pesticides employés entraîne à plus longue échéance une action complémentaire.

6° Cette action des façons culturales et des traitements chimiques varie en rapidité et en intensité selon les types de sol.

7° Nous avons montré l'influence de la composition de la population sur l'importance des dégâts sur maïs et la détermination d'un seuil de nuisibilité : des populations de faible importance numérique mais à forte proportion de larves âgées entraînant de grosses pertes de pieds.

8° En pratique, la réalisation sur un sol ayant subi un défrichement (d'été ou d'automne de préférence), d'un semis de maïs avec traitement par localisation, puis le maintien d'une culture sarclée l'année suivante, constitue un moyen très efficace de destruction des populations larvaires d'*Agriotes*. Ces semis pourraient être suivis d'une prairie temporaire de deux ou trois ans, sans reconstitution de populations à un niveau dangereux. Le retour à une culture sarclée pourrait éventuellement s'accompagner d'un nouveau traitement sur la ligne si des sondages en faisaient reconnaître le besoin. Le recours au traitement complet du sol, préjudiciable à l'équilibre faunique, serait ainsi évité.

Reçu pour publication le 27 mai 1960.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) Aguilar (J. d'). — Remarques sur le comportement des adultes d'*Agriotes*. *C. R. Acad. Sc.*, **226**, 756-758, 1948.

(2) Aguilar (J. d'). — Nouvelles remarques sur l'attraction des adultes d'*Agriotes* (Col. *Elateridae*) par des bottillons de diverses plantes. *VIII*e *Congrès Int. Entom.*, 334-336, Stockholm, 1948.

(3) Aguilar (J. d'). — Nouvelles études sur le problème des Taupins en Bretagne, *C. R. Ac. Agric.*, 561-565, 1950.

(4) Aguilar (J. d'). — L'activité cinesthésique des imagos de certains *Agriotes* (Col. *Elateridae*) *IX*e *Congrès Int. Entom.*, 465-471, Amsterdam.

(5) Aguilar (J. d'). — La lutte chimique contre les Taupins en Bretagne (*Publ. Fédér. Nat. Prod. Pl. pommes de terre*), 1 broch. 16 p., 1953.

(6) Aguilar (J. d') et Grison (P.). — Premières études sur le problème des Taupins en Bretagne. *C. R. Ac. Agric.*, 261-267, 1948.

(7) Andrewartha (H. G.) et Birch (L. C.). — The distribution and abundance of animals, 782 p., *Chicago Ill. Univ. Chicago Press*, 1954.

(8) Anglade (P.). — Essais insecticides de plein champ contre les larves de Taupins (*Agriotes* ssp.) nuisibles au maïs dans le Sud-Ouest. *Phytiatrie-Phytopharmacie*, **7**, 39-46, 1958.

(9) Anglade (P.). — Comparaison des méthodes de traitements du sol « complets » et « localisés » contres les larves d'Elaterides nuisibles au maïs. *Phytiatrie-Phythopharmacie*, **8**, 9-16, 1959.

(10) ANGLADE (P.). — Essai contre les larves d'Élatérides de granulés de son à l'heptachlore utilisés sur la ligne de semis du maïs. *Phytiatrie-Phytopharmacie*, **8**, 17-21, 1959.
(11) BALACHOWSKY (A.) et MESNIL (L.). — Les insectes nuisibles aux plantes cultivées, 2 vol. 1921 p. Paris, Busson édit., 1935-1936.
(12) BONNEMAISON (L.). — Diverses méthodes de protection des cultures contre les Taupins. *Ann. I. N. R. A. Série C. Epiph.*, 329-405, 1955.
(13) CHABOUSSOU (F.). ANGLADE (P.) et BERJON (J.). — Essais de désinfection du sol contre les larves de Taupins nuisibles au maïs dans le Sud-Ouest. *C. R. Ac. Agric.*, 39-42, 1951.
(14) COCKBILL (G. F.), HENDERSON (V. E.), ROSS (D. M.) et STAPLEY (J. H.). Wireworm populations in relation to crop production. I. — A large scale flotation methode for extracting wireworms from soil samples and results from a survey of 600 fields. *Ann. Appl. Boil.*, **32**, 148-163, 1945.
(15) COCKBILL (G. F.), ROSS (D. M.) et STAPLEY (H. J.). — Wireworms populations in relation to crop production. — III. Population changes after summer ploughing. *Ann. Appl. Biol.*, **34**, 83-103, 1947.
(16) EVANS (A. C.). — Observations on the biology and physiology of wireworms of the genus *Agriotes* Esch. *Ann. Appl. Biol.*, **29**, 168-175, 1944
(17) FREDERICKSEN (C. F.) et LILLY (J. H.). — Measuring wireworm reactions to soil insecticides by tagging with radioactive cobalt. *J. Econ. Ent.*, **48**, 438-442, 1955.
(18) KLINGLER (J.). — Die bedeutung der Kohlendioxyd-Ausscheidung der Wurzeln für die Orientierung der Larven von *Otiorrhynchus sulcatus* F. und anderer bodenbewohnender phytophager Insektenarten. *Mitt. Schweiz. Entom. Ges.*, **31**, 204-269, 1958.
(19) LONG (W. H.) et LILLY (J. H.). — Wireworm behaviour in response to chemical seed treatments. *J. Econ. Ent.*, **51**, 291-295, 1958.
(20) MATHER (K.). — Statistical analysis in biology, 267 p. Londres, Methuen édit., 1951.
(21) MESNIL (L.). — Nos connaissances actuelles sur les Élatérides nuisibles en France. *Rev. Path. Veg. et Entom. Agr.*, 178-204, 1930.
(22) MILES (H. W.) et MILES (M.). — Changes in wireworm population associated with cropping. *Ann. Appl. Biol.*, 235-236, 1945.
(23) PRINTZ (Y. I.). — The effect of soil acidity on the distribution of larvae of *Agriotes obscurus*. *Summ. Sc. Res. Work of Inst. Pl. Prot.* 1936, *Lenin Ac. Sci.* Leningrad 1938. *R. A. E.*, **26**, 429, 1938.
(24) PRINTZ (Y. I.) et BOBINSKAYA (S. G.). — Influence of humidity on the movements of wireworm and survival of different stages at different degrees of humidity of soil. — Summ. Sci. Res. Work. of Dist. Pl. Prot. 1935. *Lenin. Acad. Agri. Sci.* 1936, *R. A. E.*, **25**, 138 ; 1937.
(25) ROSS (R. M.), STAPLEY (J. H.) et COCKBILL (G. F.). — Wireworm populations in relation to crop production. II. Population changes in grassland. *Ann. Appl. Biol.*, **34**, 66-94, 1947.
(26) SALT (G.) et HOLLICK (F. S. J.). — Studies of wireworm populations. II. Spatial distribution. *J. Exp. Biol.*, **23**, 1-46, 1946.
(27) THORPE (W. H.), CROMBIE (A. C.), HILL (R.) et DARRAH (J. H.). — The behaviour of wireworms in response to chemical stimulation. *J. Exp. Biol.*, **23**, 1947.

LES CICADELLES *(Homoptera Auchenorhyncha)* DANS LEURS RAPPORTS AVEC LA VIGNE DANS LE SUD-OUEST DE LA FRANCE

PAR

J. BONFILS et D. SCHVESTER

Station de Zoologie agricole, Centre de Recherches agronomiques du Sud-Ouest, Pont-de-la-Maye

Dans le cadre d'une recherche d'éventuels vecteurs de maladies à virus de la Vigne, nous avons été amenés à dresser un inventaire de la Faune des Cicadelles des vignobles pour le Sud-Ouest, et à chercher à préciser les rapports de ces insectes avec la Vigne.

Les documents sur ce sujet sont fort peu abondants : il existe quelques travaux sur des espèces déterminées tels ceux de A. Ruiz Castro en Espagne sur *Empoasca lybica* de Berg, ou divers travaux américains sur *Erythroneura comes* Say espèces directement nuisibles à la Vigne. On peut citer encore les travaux californiens sur les Cicadelles vectrices de la Maladie de Pierce.

Mais les études d'ensemble sont, en Europe du moins, assez pauvres, et d'ailleurs anciennes : citons V. Mayet (1894 et 1904), une courte note d'E. de Bergevin (1925) travaux auxquels on peut ajouter le chapitre consacré aux Cicadelles, de l'ouvrage général de Stellwaag.

Nous ne prétendons, dans cette note, qu'à préciser les rapports avec la Vigne, des espèces capturées jusqu'à présent en diverses régions viticoles du Sud-Ouest en 1958 et surtout en 1959, dans les vignobles mêmes ou à leurs alentours immédiats. Parmi ces espèces, l'une est nouvelle pour la France et nous donnerons sur elle quelques précisions. Les résultats d'études biologiques actuellement en cours feront l'objet d'un mémoire ultérieur.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Plusieurs procédés de capture et de chasse ont été mis en œuvre.

Nous signalerons tout d'abord que nous avons profité de l'installation à d'autres fins, de pièges lumineux (type WILLIANS, de Rothamsted) dans quelques vignobles pour recenser les espèces de Cicadelles qui, en grand nombre, étaient venues s'y faire prendre. Cette méthode est cependant fort grossière et ne saurait prétendre à donner un bon reflet de la faune du Vignoble proprement dit.

Dans les Vignes ou leurs environs, nous avons utilisé le plus généralement un filet fauchoir, dont la classique poche de toile est remplacée par une poche en étamine légère, plus profonde, ce qui permet l'utilisation de l'engin sans crainte de dégâts aux sarments. Les insectes intéressants sont repris dans le filet même à l'aide d'un capturateur à aspiration, lequel nous sert aussi à procéder à des captures directes à vue.

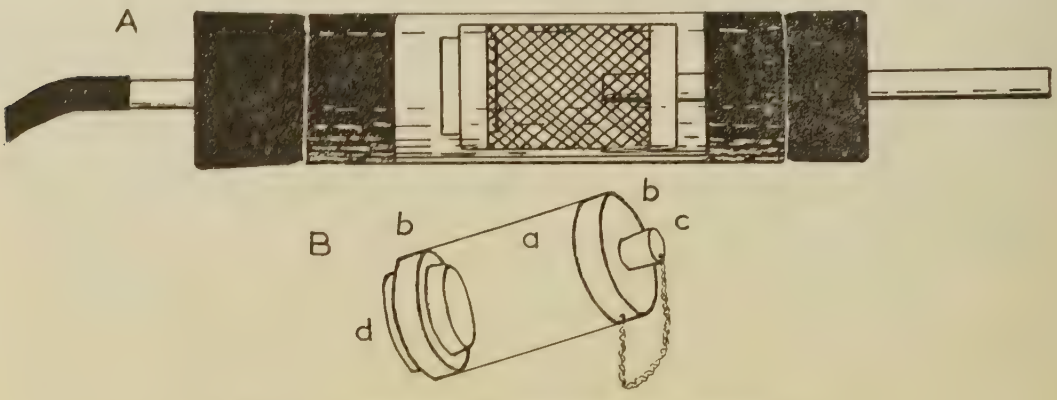


FIG. 1. — Capturateur à aspiration, à cagette amovible.

A : Aspect d'ensemble.
B : La cagette isolée — (schéma) — *a*) Corps en grillage de nylon 20/100e à maille de 0,5 mm. *b*) rondelles liège aggloméré. *c*) bouchon orifice antérieur. *d*) bouchon orifice postérieur.

Ce dernier appareil (cf. croquis fig. 1) est, comme d'ordinaire, constitué d'un corps (en plastique transparent) fermé de deux bouchons percés et traversés d'un tube, l'un antérieur, l'autre postérieur, servant à l'aspiration par l'intermédiaire d'un tuyau souple et d'un embout. Les insectes ne sont pas capturés directement dans le corps de l'appareil, mais dans une cagette constituée de treillage fin de nylon, monté sur deux rondelles de liège aggloméré. Cette cagette vient se brancher à l'intérieur de l'aspirateur, au débouché du tube antérieur, grâce à un orifice ménagé dans une des rondelles et pouvant être fermé au besoin d'un petit bouchon de liège. L'autre rondelle de base de la cagette est largement évidée, et également bouchée au liège, ce qui permet d'en extraire facilement le contenu. Nous disposons de plusieurs de ces cagettes munies chacune

d'un numéro d'ordre. Leur emploi facilite les manipulations sur le terrain, supprime le transfert des insectes d'un récipient à l'autre, le remplaçant par le seul transfert de la cagette qui, par exemple, grâce à ses faibles dimensions peut être placée directement dans le flacon de chasse à cyanure ou à éther acétique.

Les captures ont été effectuées à différentes époques de l'année : en Bas-Armagnac, En Gironde, en certains points du Béarn, etc... On a prospecté non seulement les Vignes, mais aussi leurs alentours immédiats ; allées qui les desservent, bois, haies, végétaux qui les complantent parfois, etc... Ceci dans le dessein de rechercher des précisions sur les rapports des différentes espèces viticoles avec d'autres espèces végétales.

Nous avons en outre capturé des larves, mais en nous limitant en cela aux seuls individus que nous trouvions sur la Vigne même. A partir de ces larves, nous avons procédé, en laboratoire, à de nombreux élevages. Nous avons pu ainsi déterminer avec certitude les espèces auxquelles elles appartenaient, puis élaborer un tableau de leurs divers caractères de forme, de couleur et de comportement, permettant de distinguer sur le terrain même les espèces dont elles ressortent, et constituant un instrument de travail pratique pour la poursuite des recherches.

Presque toutes les identifications sont le fait de l'un de nous (J. B.) d'après la Faune de France, t.31 et t.57 (*Homoptères Auchénorhynques*) de H. Ribaut. On sait qu'actuellement, la détermination est fondée, dans la plupart des cas, sur les caractères des *genitalia* mâles. Nous avons dû avoir recours pour une espèce : *Scaphoïdeus littoralis* Ball. à la compétence de M. Ribaut, puis aux services des spécialistes des États-Unis. Il nous est agréable de remercier ici M. Ribaut auprès duquel nous avons trouvé le meilleur accueil, M. P. W. Oman, de Washington, MM. J. P. Kramer et R. I. Sailer de la « Plant industry Station » de Beltsville (Maryland, U. S. A.). Nous remercions également Mlle G. Moutous, Ingénieur à l'I. N. R. A., pour l'aide qu'elle nous a toujours volontiers apportée.

CLASSEMENT DES ESPÈCES CAPTURÉES SELON LEURS RAPPORTS AVEC LA VIGNE

Nous donnons ci-dessous une liste des espèces capturées dans des vignobles ou dans leurs alentours immédiats.

On ne saurait évidemment considérer cette liste comme complète : nos chasses n'ont pu être systématiques dans toutes les stations, et la cadence des identifications est d'ailleurs bien moindre que celle des captures. Nous pensons cependant pouvoir dégager de ces premières observations, un classement des espèces selon leurs rapports avec la Vigne (tableau I).

Tableau I

Classement des espèces capturées selon leurs rapports avec la vigne.

	1	2	3	4 Observations (notamment localités de captures)
CIXIIDAE				
Cixius nervosus L.		+		
— *stigmaticus* GERM	+	+		
AEROPIDAE (= *DELPHACIDAE*)				
Asiraca clavicornis F.	+	+		
Stenocranus lineoda GERM.		+		
Liburnia pellucidus F.	+	+		
— *fairmairei* PERR.		+		
MEMBRACIDAE				
Centrotus cornutus L.	+	+		Larée (Gers) Crouseilles (B. P.)
Ceresa bubalus FABR.	+	+	+	
LEBRIDAE				
Ledra aurita L.			+	
CERCOPIDAE				
Aphrophora alni FALL.	+	+		
Ptyelus spumarius L.	++	+		
— *lineatus* L.	+	+		
JASSIDAE				
Macrosteles sexnotatus FALL.	++	+		
Macrosteles laevis RIB.	+	+	+	Sauternes-Preignac (Gironde).
— *viridigriseus* EDW	+	+		Preignac (Gironde).
Balclutha punctata THNB.	+	+		
Euscelis plebejus FALL.	+	+		
— *stictopterus* FL.	+	+		Pont de la Maye (Gironde). Panjas (Gers).
Euscelidius variegatus KBM.	+	+	+	
Streptanus sordidus ZETT.		+		
Mocydia crocea EDW.		+		
Cicadula quadrinotata F.		+		Preignac (Gironde)
Sardius argus MARSH.	+	+		
Platymetopius guttatus FIEB.			+	
Psammotettix striatus L.			+	Sauternes (Gironde).
— *Putoni* THEN		+		Panjas (Gers).
— *confinis* DHLBH.	+	+	+	
Scaphoideus littoralis BALL.	+++		+	(Voir détails dans le texte).
Jassargus obtusivalvis KBM.		+		
— *pseudocellaris* FL.	+	+		
Erastunus ocellaris FALL.		+		
Adarrus multinotatus BOH.		+		
Arocephalus sagittarius RIB.		+		Pont de la Maye (Gironde).
Arthaldeus striifrons KBM.		+		
Doratura homophyla FL.	+	+		Larée (Gers).
Aphrodes bicinctus SCHRK.		+		
Cicadella viridis L.	++	+	+	
Penthimia nigra GOEZE	++	+		
Agallia venosa FALL.	+	+		Pont de la Maye (Gironde).
Jassus lanio L.			+	Sauternes (Gironde).
TYPHLOCYBIDAE				
Erythroneura tiliae GEOFFR.		+		
— *ordinaria* RIB.		+		Pont de la Maye (Gironde).
— *flammigera* GOEFFR.		+	+	
— *rorida* M. R.		+		
— *simplex* FER.	+++	+		
— *lunaris* M. R.		+	+	
— *nivea* M. R.		+		
— *scutellaris* H. S.	++	+	+	
— *pallidifrons* EDW.	+			1 seul ex. mâle à Preignac (Gironde).
— *parvula* BOH.	++	+		

TABLEAU I *(suite)*

Classement des espèces capturées selon leurs rapports avec la vigne.

	1	2	3	4 Observations
TYPHLOCYBIDAE (suite)				
Typhlocyba douglasi EDW.			+	Sainte-Croix-du-Mont (Gironde).
— *rosae* L.			+	
— *ficaria* HORV.		+		Crouseilles (B. P.) sur *Ficus*.
— *Pandellei* LETH.			+	
— *ulmi* L.		+		
— *cruciata* RIB.			+	Sauternes.
— *debilis* DGL.		+	+	
— *tenerrima* H. S.	++	+		
— *alces* RIB			+	Arberats (Basses-Pyrénées).
Typhlocyba quercus F.		+	+	
Eupteryx pulchella FALL.		+	+	Sur *Quercus*.
— *ornata* LETH.			+	Arberats (B. P.)
— *atropunctata* GOEZE		+	+	
— *melissae* CURT.		+		Sur *Salvia*.
Empoasca Butleri EDW			+	(= *rufescens* HEL)
E. flavescens F.	+++	+	+	
Empoasca decipiens PAOLI	++	+	+	
— *pteridis* DHLB	+	+	+	
— *nervosa*		+		Larée (Gers).
— *viridula* FALL.	+	+		Pont de la Maye (Gironde).
Alebra albostriella FALL.			+	
— *Wahlbergi* BOH.			+	
Dicraneura juniperi LETH.		+		Pont de la Maye (près de Cyprès).
— *mollicula* BOH.	+			
— *similis* EDW.	+	+		

Sur les quelque 75 espèces que comporte la liste, 34 ont été capturées dans les parcelles de Vigne : ce sont les espèces cochées dans la colonne 1. Leurs rapports avec la plante diffèrent pourtant sensiblement.

Seules en effet, trois espèces, marquées de trois croix dans la colonne 1 peuvent être considérées comme vraiment viticoles, vivant et se développant sur Vigne. Ce sont : *Empoasca flavescens* FABR. (*Typhlocybidae*), *Erythroneura simplex* FERR. (*Typhlocybidae*) et *Scaphoïdeus littoralis* BALL. (*Jassidae*), cette dernière constituant une nouveauté pour la France et sans doute pour l'Ancien Monde. Seules, ces trois espèces ont été trouvées sur Vigne et à l'état de larve à tous les stades, et à l'état imaginal.

Les autres espèces de la colonne 1, au nombre donc de 31, n'ont été trouvées dans les vignobles qu'au seul état imaginal. Cependant, certaines d'entre elles sont relativement plus fréquentes, plus importantes en nombre et plus répandues dans l'espace sur les Vignes ; on peut les appeler « espèces compagnes », quelques-unes sont banales et ont d'ailleurs été considérées comme ampélophages ; V. MAYET cite ainsi *Penthimia nigra* GOEZE. La présence de ces espèces sur les vignes semble en relation avec leur polyphagie à l'état adulte ; d'autres probablement la doivent à l'existence de plantes adventices courantes, ou, dans les vignes mal entretenues, à celle d'un tapis végétal où elles trouvent un habitat

favorable (cas de *Erythroneura scutellaris* ou de *Macrosteles sexnotatus* par ex.). Nous avons coché de deux croix ces espèces « compagnes » alors que nous marquons d'une seule, les espèces qui nous ont paru tout à fait « erratiques » et que nous avons trouvées sur Vigne en général moins couramment et en plus petit nombre. La présence de ces erratiques est à rapporter dans la plupart des cas à l'existence à proximité ou éventuellement dans la Vigne même, d'un hôte ou d'un milieu favorable : le Membracide *Centrotus cornutus* par exemple, bien que capturé sur la Vigne, en train même de procéder à des incisions de son rostre, sur les sarments encore herbacés, ne l'a jamais été que sur des ceps de bordure, en lisière de bas-fonds humides. La présence de plusieurs autres espèces peut être également rapportée à l'existence de certaines plantes adventices : cas de *Euscelis* chez les *Jassidae*, des *Dicraneura* chez les *Typhlocybidae*, espèces des prés ; cas encore de *Empoasca viridula*, qui fréquente surtout les *Artemisia*, adventice assez courante dans certaines vignes du Sud-Ouest. L'existence de *Erythroneura pallidifrons*, espèce d'ailleurs rare, doit être considérée comme tout à fait accidentelle.

Tout en ayant d'ailleurs ses raisons d'être, étant donné l'esprit dans lequel ce travail a été mené, le classement fait ne saurait cependant rien constituer d'absolu et peut être sujet à révision. Nous avons noté que dans les vignes tenues rigoureusement propres, comme par exemple en Médoc, le nombre des espèces capturées se restreint considérablement.

Dans la colonne 2, nous indiquons les espèces prises aux alentours des Vignes. On y retrouve la quasi-totalité des espèces de la colonne 1, à quelques exceptions près, parmi lesquelles *Scaphoïdeus littoralis* pour lequel jusqu'à présent nous n'avons pas détecté d'autres hôtes. Mais on y trouve aussi beaucoup d'autres espèces. Dans une certaine mesure, on peut s'attendre dans l'avenir à retrouver sur Vigne, comme erratiques, un certain nombre d'entre elles, à l'exclusion peut-être de celles plus ou moins strictement inféodées à certains hôtes (*Typhlocyba ficaria*, *Eupteryx pulchella*, *Eupteryx melissae*, *Dicraneura juniperi* par ex.). Mentionnons aussi que quelques *Typhlocybidae* n'ont, par nous, été capturés qu'en hiver, dans les ronciers qui leur servent d'abri (*Erythroneura nivea*, *Erythroneura ordinaria* par ex.) en compagnie le plus souvent d'autres espèces, elles, plus banales sur la Vigne, y compris même *Empoasca flavescens* et *Erythroneura simplex*.

Il est certain que le développement des chasses dans l'espace, et leur étalement dans le temps, amèneraient la capture de très nombreuses autres espèces, en particulier de *Jassidae*. Les alentours immédiats des vignes où nous avons opéré, offrent selon leur situation une gamme très variée de milieux favorables à des espèces très diverses, qui vont de la pelouse sèche ou humide, à la forêt en passant par la lande, la haie, le roncier, etc... et nos captures ne représentent qu'un faible pourcen-

tage de celles qui seraient possibles sur toute cette gamme d'hôtes et de milieux.

Nous avons indiqué dans la colonne 3, les prises aux pièges lumineux. Il ne faut bien entendu, attribuer aux captures par ce moyen, aucun caractère représentatif du milieu Vigne. Nous noterons seulement que les pièges lumineux nous ont permis la reprise de *Scaphoïdeus littoralis* (Arberats, Basses-Pyrénées) et qu'ils attirent en grand nombre, les Cicadelles, parmi lesquelles parfois, des espèces peu courantes.

Enfin, dans la colonne 4, nous fournissons quelques observations utiles pensons-nous, sur les hôtes, les dates de captures, les localités, nous limitant aux cas les plus intéressants, et aux localités ne faisant pas double emploi avec les indications de M. H. Ribaut (*op. cit.*).

OBSERVATIONS SUR LES ESPÈCES VITICOLES

1° *EMPOASCA FLAVESCENS* (Fabr. 1794) (F. Ribaut *F. de France* t. 31, p. 182) (Synonymes : *Cicada flavescens* Fabr. 1794, *Chlorita vitis* (Goethe 1875) *Empoasca vitium* Paoli 1830).

Cette espèce est mentionnée comme ampélophage par V. Mayet sous le nom de *Typhlocyba flavescens* (1894 et 1904). C'est en fait une espèce très polyphage mais qui « a toujours affectionné les Vignes » (E. de Bergevin).

C'est la plus répandue et la plus abondante des espèces du vignoble dans le Sud-Ouest. On peut la trouver partout sans longues recherches, dès le printemps et surtout vers fin juin-début juillet. Nous l'avons également capturée sur d'autres hôtes (herbages, ronces, etc...) et prise en grand nombre au piège lumineux. Elle se réfugie l'hiver dans les arbres verts et les ronciers. Nous avons pu l'élever sur Haricot, Maïs, Pomme de terre, Laurier Cerise, etc...

Elle nous a semblé dans la nature, plus abondante en général sur les Vignes françaises, *Vitis vinifera*, que sur les hybrides. Il ne s'agit cependant que d'une abondance toute relative, et la nocuité directe de cette Cicadelle dans le Sud-Ouest nous a paru le plus souvent négligeable. Des pullulations généralisées pourraient cependant être génératrices de graves dégâts, si l'on s'en rapporte aux résultats de nos infestations expérimentales ; mais aucun fait de cet ordre ne semble avoir été signalé en France. V. Mayet fait mention de déprédations importantes provoquées en Afrique du Nord, mais il est fort possible que l'espèce en cause soit non pas *E. flavescens*, mais *E. lybica* espèce distinguée en 1926 seulement par E. de Bergevin et qui a d'ailleurs effectivement produit des dégâts importants sur Vigne en Tunisie et en Algérie dans les années 1948 à 1952, ainsi qu'en Espagne (A. Ruiz Castro).

Peu d'espèces d'*Empoasca* (peu de *Typhlocybidae* en général) sont signalées comme vectrices de virus. Certaines d'entre elles sont phytotoxémiques pour diverses plantes (« Hopperburn » de la Pomme de terre, provoqué par *Empoasca fabae* au U. S. A.),

2° *ERYTHRONEURA SIMPLEX* (Ferr. 1882) (H. Ribaut, *F. de Fr.*, t. 31, p. 56).

Compte tenu des critères définis plus haut (présence sur Vigne des larves et des adultes), c'est la seule espèce du genre que nous puissions considérer comme effectivement « viticole ». Tout au long de l'été, il est possible de trouver sur Vigne plusieurs espèces d'*Erythroneura* à l'état adulte (surtout des femelles d'ailleurs, ce qui rend leur identification parfois incertaine) mais les élevages que nous avons entrepris à partir de larves prélevées sur Vigne n'ont jamais donné naissance qu'à des *E. simplex*.

C'est fort vraisemblablement à cette espèce et non à *E. rhamni* qu'il faut rapporter la Cicadelle mentionnée comme ampélophage par V. Mayet sous le nom de *Thyphlocyba rhamni* Ferr. Autant qu'on en puisse juger, le dessin fourni par V. Mayet est bien celui d'une *Erythroneura* du groupe *flammigera* ou du groupe *lunaris* auxquels appartiennent respectivement *rhamni* et *simplex*, groupes très voisins et ne se différenciant que par les *genitalia* mâles, caractères qui n'étaient pas utilisés à l'époque des observations de V. Mayet. Nous avons trouvé à côté de la forme typique de *E. simplex*, la var. *detrita* ; la forme typique par la pigmentation rouge des élytres ressemble beaucoup à certaines espèces du groupe *flammigera* (cf. H. Ribaut, p. 56). Nous n'avons du reste jamais capturé *Erythroneura rhamni* au cours de nos chasses et cette espèce serait sans doute à considérer comme erratique dans la Vigne si elle s'y trouve vraiment (1).

Erythroneura simplex est connue pour être hôte des *Salix*. Nous avons pu cependant obtenir le développement complet sur Vigne, et il est vraisemblable que l'œuf est pondu sur cette plante, puisque nous y trouvons dans la nature, même de toutes jeunes larves de 1er stade. On retrouve l'adulte en hiver, dans les ronciers.

Bien que courante et répandue un peu partout dans la Vigne, elle y est cependant peu abondante : les traces de ses attaques consistent en petites mouchetures décolorées plus ou moins jointives (stigmonoses) mais étant donné le petit nombre d'insectes, les dégâts sont en général absolument insignifiants.

(1) Est sans doute aussi à considérer comme erratique, *Erythoneura alneti* (DHLB) également signalée par V. Mayet qui d'ailleurs la considère comme « ennemi problématique de nos vendanges ». Quant à l'espèce *Typhlocyba viticola* Targ. qu'il mentionne aussi d'après des ouvrages de Targioni-Tozzetti, elle nous paraît de statut tout à fait incertain. Ajoutons enfin que Stellwaag attribue à V. Mayet les mentions de *Empoasca smaragdula* Fall. et *E. viridula* Fall. comme ampélophages. En fait, et abstraction faite des confusions qui, là encore, ont pu se produire, V. Mayet n'en parle au contraire que pour signaler que c'est à tort que ces espèces ont été considérées comme ampélophages.

3° *SCAPHOIDEUS LITTORALIS* BALL.

Cette espèce ne figure pas dans l'ouvrage de M. H. RIBAUT. Elle est en effet nouvelle pour la France et sans doute pour l'Europe. Elle appartient à la famille des Jassidae, et en attendant une diagnose précise, nous donnons de l'espèce, un croquis d'ensemble (fig. 2), le détail de

FIG. 2. — *Scaphoideus littoralis* BALL.

l'élytre, des *genitalia* du mâle et de la pigmentation du vertex et de la face qui diffère selon le sexe (fig. 3).

Scaphoideus littoralis est vraisemblablement introduit d'Amérique du Nord dont il est originaire, mais les modalités ainsi que la date de cette introduction restent inconnues. Elle doit remonter pourtant à plusieurs années au moins si l'on considère sa répartition telle qu'elle est actuellement délimitée : les points extrêmes Saint-André-de-Cubzac (Gironde) et Madiran (Htes-Pyrénées), ou Arberats (Basses-Pyrénées) se situent à plus de 160 km à vol d'oiseau. Comme autres localités de capture, signalons Pont-de-la-Maye, Preignac, Sauternes (Gironde), Mauléon d'Armagnac, Larée, Panjas (Gers), Amou (Landes).

Nous avons trouvé *Scaphoideus littoralis* sur Vigne à tous les stades larvaires comme à l'état imaginal. Il y effectue donc fort vraisemblablement la totalité de son cycle. Les plantes hôtes aux États-Unis sont inconnues ; il vit vraisemblablement sur des arbres ou des arbustes (R. I. SAILER, *in. litt.*). Nous ne l'avons jamais capturé en très grande abondance, ce qui semble d'ailleurs un trait commun à tout le genre (BEIRNE).

Une espèce du genre : *Scaphoideus luteolus* Van D. est connue aux Etats-Unis pour être vectrice de la Nécrose du liber de l'Orme (*Elm phloem necrosis*) (BAKER).

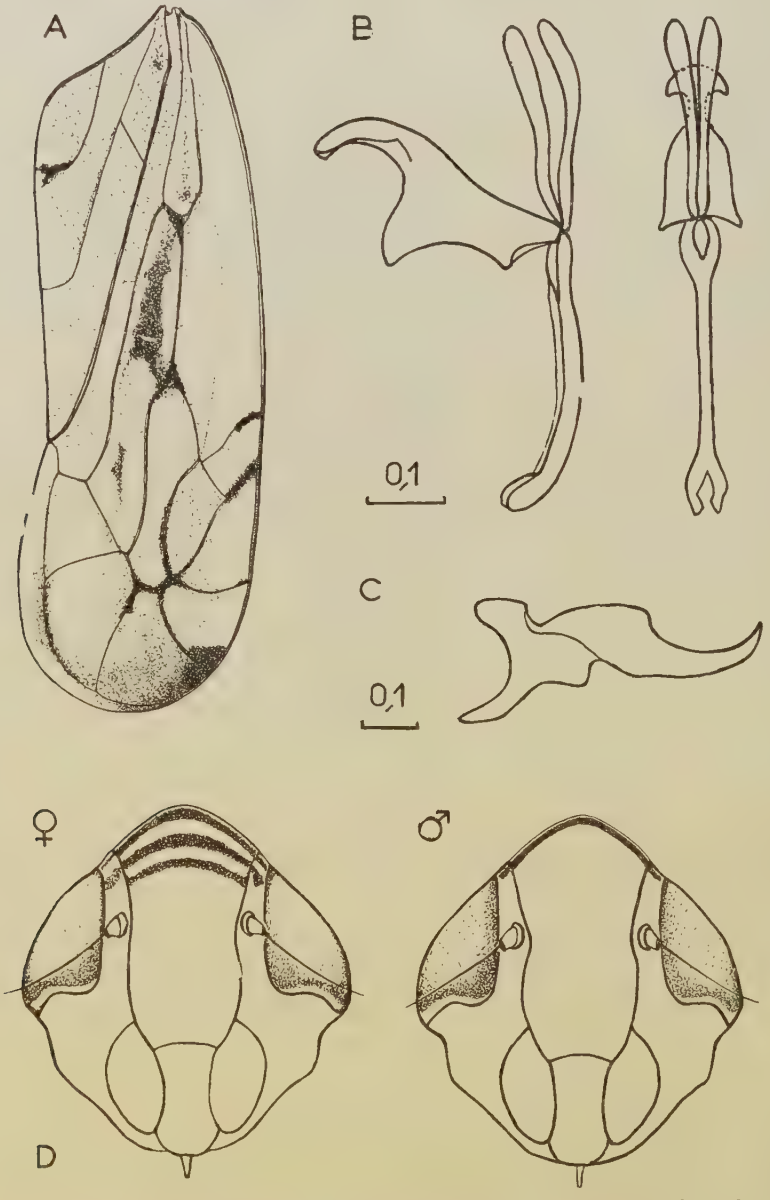


FIG. 3. — *Scaphoideus littoralis* BALL. A — Détail de l'élytre. B — Pénis, vue latérale gauche (à g.) et vue postérieure (à dr.). C — Style gauche. D — Détails de la face chez les deux sexes, montrant les différences dans la pigmentation du vertex et du passage du vertex à la face.

Caractères distinctifs des larves.

Sous forme d'un tableau synoptique, nous avons réuni divers caractères des larves des trois espèces viticoles. Ce tableau ne doit pas évidemment être considéré comme une « clé de détermination », mais seulement

comme un moyen pratique de distinguer entre elles à première vue, même sur le terrain, les larves de ces trois espèces.

TABLEAU II

Caractères distinctifs des larves des espèces viticoles.

Erythroneura simplex	*Empoasca flavescens*	*Scaphoideus littoralis*
Forme générale	Forme générale	Forme générale
Abdomen allongé, aplati dorso-ventralement.	Abdomen allongé, plutôt cylindro-conique.	Taille plus forte que les deux autres espèces — abdomen nettement triangulaire, ramassé.
Coloration	Coloration	Coloration
Tous les stades blanchâtres avec deux bandes jaune vif marquées s'étendant longitudinalement du niveau des yeux à l'extrémité postérieure du thorax.	Premier stade blanc hyalin, aux yeux globuleux noirs. Stades suivants : vert plus ou moins intense, ou rose, rosâtre à rose orangé.	Premier et deuxième stades : blanc laiteux. Stades suivants caractérisés par moucheture irrégulière brun ocre à noir dont l'importance augmente à chaque stade. Caractérisé surtout dès le premier stade par 2 taches apicales symétriques, triangulaires, noir brillant sur le dernier segment abdominal qui se retrouvent à tous les stades larvaires.
Comportement	Comportement	Comportement
Marche très lentement et se déplace peu. Se cantonne près des nervures et se « tasse » sur l'épiderme inférieur de la feuille, les antennes (plus longues que celles d'*Empoasca*) rejetées en arrière.	Larve très mobile ; se déplace rapidement, obliquement. Ne se cantonne pas spécialement près des nervures.	Larves sauteuses dès le premier stade, extrêmement agiles.

A côté des larves d'*Erythroneura* et de *Scaphoideus* qui se distinguent aussi par d'autres caractères que la couleur, existent des larves de *Typhlocybidae* de nuance rose saumon, d'autres vertes, avec des intermédiaires jaune verdâtre, etc... Au moyen d'élevages, nous avons reconnu que ces différences de coloration ne correspondaient pas à des différences spécifiques. Les larves, roses ou vertes, ou leurs intermédiaires donnent toutes naissance à des *Empoasca flavescens*. Très généralement dans nos élevages, les insectes de nuance rose, pouvaient évoluer vers le vert au cours de leur développement, mais l'inverse ne s'est jamais produit.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Un inventaire des Cicadelles (*Homoptera-Auchenorhyncha*) du vignoble et de ses alentours, a été dressé dans le Sud-Ouest de la France.

Les espèces actuellement reconnues sont au nombre de 75, dont 34 ont été capturées dans ou sur les vignes mêmes. Cependant trois

seulement d'entre elles sont à considérer comme vraiment « viticoles », c'est-à-dire, effectuant leur développement total sur Vigne. Ce sont *Empoasca flavescens* (Fabr. 1794), *Erythroneura simplex* (Ferr. 1882) et *Scaphoideus littoralis* Ball. Cette dernière espèce est nouvelle pour la France, introduite vraisemblablement d'Amérique du Nord.

Les rapports des autres espèces avec la Vigne, sont précisés. Certaines sont à considérer comme relativement fréquentes sur Vigne (espèces « compagnes »), d'autres comme absolument « erratiques ».

Les principales caractéristiques des larves des trois espèces viticoles sont indiquées pour permettre de les distinguer entre elles sur le terrain.

La biologie de ces trois espèces est à l'étude et fera l'objet d'un mémoire ultérieur.

Reçu pour publication le 30 *mai* 1960.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) Baker (W. L.). — Studies on the transmission of the virus causing the Phloem Necrosis of American Elm, with notes on the biology of its insect vector. *J. econ. Ent.*, **42**, n° 5, p. 729-732, 1949.

(2) Beirne (W. L.). — Leafhoppers (*Homoptera Cicadellidae*) of Canada and Alaska. *Canad. Ent.* LXXXVIII Supplément 2, 180 p., 1956.

(3) Bergevin (E. de). — A propos de quelques *Typhlocybidae* (Hémiptères-Homoptères nuisibles à la vigne. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, **15**, p. 107-111, 1924.

(4) Maillet (P.). — Contribution à l'étude des Homoptères Auchénorhynques. Jassides récoltés en 1956 dans le Périgord noir. *Cahiers des Naturalistes* N. S., **12**, n° 4, p. 97-100, 1956.

(5) Mayet (V.). — Les Insectes de la Vigne, 1 vol. 470 p. G. Masson, Paris, 1890.

(6) Mayet (V.). — Les Cicadelles nuisibles à la vigne. *Rev. Viticulture* XXI, p. 573-578, 1904.

(7) Poos (F. W.) et Wheeler (N. H.). — Studies on hosts plants of the Leafhoppers of the genus *Empoasca*. *U. S. D. A. Techn. Bull.*, n° 850, 50 p., 1943.

(8) Ruiz Castro (A.). — Dos Tiflocibidos nuevos en Espana que atacan a la Vid y al Pimiento. *Bol. Pat. Veg. ent. Agr.*, **12**, p. 143-189, 1943.

(9) Ribaut (H.). — Faune de France. Homoptères Auchénorhynques, **31**, *Typhlocybidae*, 1 vol., 230 p. et **57**, *Jassidae*, 1 vol., 474 p. P. Lechevalier Paris, 1936, 1952.

(10) Stellwaag (F.). — Die Weinbauinsekten des Kulturländer. 1 vol. 884 p. P. Parey, Berlin, 1928.

LA PYRALE DU MAÏS, *Ostrinia (Pyrausta) nubilalis* HBN. (LÉPIDOPTÈRES *Pyralidae*) DANS LA BASSE VALLÉE DU RHONE : OBSERVATIONS ÉCOLOGIQUES ; INCIDENCES ÉCONOMIQUES.

PAR

Mme G. GUENNELON et H. AUDEMARD

Station de Zoologie agricole,
Centre de Recherches agronomiques du Sud-Est, Montfavet (Vaucluse).

PLAN DU MÉMOIRE

Introduction.

I. — Caractéristiques de la culture du Maïs dans la Basse Vallée du Rhône.

II. — Évolution d'*O. nubilalis*.

A. — Cycle annuel.

B. — Particularités biologiques des différents stades.

1° Larves hivernantes.
2° Nymphes printanières.
3° Adulte.
4° Oeuf.
5° Larves et nymphes d'été.

III. — Influence des facteurs du milieu sur l'évolution larvaire d'*O. nubilalis* dans les cultures de Maïs.

1° Influence des facteurs géographiques.
2° Influence de la date de semis.
3° Influence de la variété de Maïs.
4° Influence de l'irrigation.
5° Influence de la vigueur des plants de Maïs.

IV. — Étude des localisations d'*O. nubilalis* dans les plants de Maïs.

1° Stades végétatifs du Maïs.
2° Localisations et mode d'attaque d'*O. nubilalis* dans les divers organes du Maïs.
3° Succession des localisations en fonction de la croissance de la plante et du développement de l'Insecte.

V. — **Parasitisme.**

VI. — **Importance économique d'*O. nubilalis*.**

1° Nature des dégâts.
2° Étude de la nocivité de l'Insecte en fonction des localisations de ses chenilles.
3° Données sur la valeur numérique des dégâts.
4° Variations des taux d'infestation par *O. nubilalis* dans la Basse Vallée du Rhône.

VII. — **Résumé et conclusions.**

INTRODUCTION

L'extension rapide de la culture du Maïs dans la Basse Vallée du Rhône, depuis 1945, a provoqué un bouleversement considérable dans la biocénose de cette culture : des pullulations de ravageurs tels que Taupins, Cicadelles, Thrips, Pucerons, Vers gris, Pyrales, Sésamies ont été favorisées et ont contribué par leurs attaques à la baisse des rendements escomptés.

L'attention des milieux agricoles s'est portée rapidement sur les plus nuisibles de ces ennemis : ceux dont les chenilles vivent en mineuses dans les tiges et les épis de Maïs. Trois espèces de Lépidoptères endophytes ont été ainsi mises en cause en 1947 : *Ostrinia nubilalis* HBN. (1). *Sesamia cretica* LED, *Sesamia nonagrioides* LEF.

La nocivité d'*O. nubilalis* était déjà bien connue dans le sud-ouest de la France, ainsi qu'aux U.S.A. où l'espèce a été l'objet, dès l'introduction en 1917, de nombreuses recherches relatives à son écologie et aux moyens de la combattre. Dans le Bassin d'Aquitaine où Laboulbène la cite comme dangereuse pour le Maïs dès 1884, son écologie a été étudiée par Feytaud (1930). A la même époque, Roubaud précise quelques points de la biologie de l'Insecte : les préférences trophiques de la Pyrale, et les caractères de sa diapause larvaire ; en outre l'auteur aborde l'important problème économique de la résistance manifestée par certaines variétés de Maïs à l'attaque d'*O. nubilalis* (1927 à 1930). Paillot (1930) détermine les principaux parasites et entreprend l'analyse de l'équilibre naturel de la Pyrale dans la région lyonnaise, tandis qu'à l'Institut Pasteur, des microbiologistes examinent l'éventualité d'une lutte par voie pathogène contre ce ravageur (Metalnikov et Chorine, Metalnikov et Toumanoff, 1930).

(1) D'après « Classification et nomenclature des *Pyraustidae* d'Europe » de H. Marion (*L'Entomologiste*, 13, 75-87 ; 129-130, 1957), la Pyrale du Maïs anciennement classée dans le genre *Pyrausta* sensu lato, est maintenant rangée dans le genre *Ostrinia* HUBN.

Lorsque l'essor de la culture du Maïs se manifesta dans le sud-est de la France, après la guerre, une importance capitale fut d'abord accordée au problème des Sésamies : en effet, les chenilles de *S. cretica* et *S. nonagrioides* sont plus nuisibles que celles d'*O. nubilalis*, parce qu'elles pénètrent dès leur éclosion à l'intérieur des tiges de Maïs, au voisinage de la ponte dont elles sont issues ; en outre, elles demeurent longtemps groupées, de sorte que toute la partie de la plante située au-dessus de la zone d'attaque se dessèche entièrement. Ces insectes provoquèrent des pertes catastrophiques dans de jeunes cultures de Maïs installées nouvellement en Crau et en Camargue après la guerre, sur des défoncements de rizières ou après de vieilles luzernières.

Une étude écologique des trois espèces endophytes, destinée surtout à la mise au point de méthodes de lutte culturales dirigée contre les Sésamies, fut alors entreprise par Nepveu et Audemard (1952) ; mais un fait écologique important survint en 1956 et mit un terme provisoire aux recherches sur les Sésamies : les froids de l'hiver anéantirent presque complètement les populations de ces espèces très sensibles aux basses températures ; tandis que, bien que décimées, les populations de Pyrale subsistèrent et s'intensifièrent rapidement. Un examen du problème des chenilles endophytes, tel qu'il apparaissait en 1957 dans la Basse Vallée du Rhône, fut publié (Guennelon, Audemard et Tort, 1958).

Des observations effectuées pendant quatre années successives, nous pouvons conclure à l'heure actuelle qu'*O. nubilalis* demeure un ennemi permanent des cultures de Maïs dans le sud-est de la France ; certes, les populations de Sésamies se sont accrues depuis 1956, mais il semble que la sensibilité aux basses températures de l'hiver contribue périodiquement à freiner leur prolifération. C'est la raison pour laquelle ce mémoire traite seulement du problème posé par la Pyrale [1].

I. — CARACTÉRISTIQUES DE LA CULTURE DU MAIS DANS LA BASSE VALLÉE DU RHONE

Variétés cultivées. — Les variétés dites « de pays » sont à peu près partout abandonnées en faveur des Maïs hybrides, qui appartiennent pour la plupart aux variétés suivantes :

Iowa 4417, United 3, United 28 (variétés tardives) ; Wisconsin 355, United 26 (variétés demi-précoces) ; United 20, United 22 (variétés précoces).

Mais les variétés précoces sont de moins en moins cultivées, en raison de leur trop faible rendement. Un nouvel hybride tardif, Iowa 4565,

[1] Mlle Tort et M. Giorgi, de la Station de Zoologie Agricole de Montfavet, ont participé aux nombreux relevés qui ont permis de préciser l'écologie du ravageur.

introduit en 1959 et cultivé notamment à Marduel (Gard), a donné d'excellents rendements. Par ailleurs, plusieurs hybrides créés par l'I. N. R. A. sont appelés à se répandre. En outre, un petit nombre de producteurs cultivent des variétés spéciales de Maïs sous contrat : Maïs sucré (sweet corn) et Maïs éclaté (pop corn).

Zones de cultures. — Les cultures de Maïs sont établies en grande majorité dans les zones irriguées : vallées du Rhône et de la Durance. Crau, vallées de la Vistre, de la Cèze et du Gardon dans le Gard. L'irrigation est en effet l'un des principaux facteurs de réussite.

Les travaux d'aménagement de la Basse Durance et du Bas-Rhône-Languedoc devraient permettre l'extension et l'amélioration des cultures de Maïs, notamment en Crau et sur la Costière du Gard.

En zones non irriguées du Vaucluse, on notait en 1957 une légère extension de cette céréale sur les coteaux (Valréas, Vaison-la-Romaine, Carpentras, Pertuis) ; mais l'United 22 cultivé dans ces conditions donne des rendements nettement inférieurs à ceux des régions irriguées.

Superficies cultivées en Maïs dans les Bouches-du-Rhône, le Vaucluse et le Gard, de 1955 *à* 1959 (1).

Années	Bouches du-Rhône	Vaucluse	Gard
1955	2 000 ha	1 500 ha	1 500 ha
1956	2 800 ha	2 000 ha	3 000 ha
1957	2 000 ha	1 000 ha	2 000 ha
1958	1 500 ha	1 600 ha	1 800 ha
1959	800 ha	1 500 ha	1 800 ha

Ce tableau met en évidence l'extension particulière de la culture en 1956, où le Maïs a remplacé sur de grandes surfaces les céréales d'hiver anéanties par les gelées. Dans les Bouches-du-Rhône la culture du Maïs régresse actuellement à la faveur du blé, qui exige moins de soins ; mais il est possible que les milliers d'hectares soumis prochainement à l'irrigation dans la région de Gardanne, soient en partie occupés par du Maïs. Dans le Vaucluse la culture ne s'est pas intensifiée, en raison des difficultés d'irrigation et à la faveur de productions plus rentables. Il faut même prévoir une baisse des superficies cultivées en 1960, due aux difficultés de vente éprouvées en 1959. Par contre, dans le Gard, l'extension du Maïs doit s'intensifier, grâce à l'installation d'un important réseau d'irrigation par aspersion, en particulier sur les terres de la Costière. Les variétés tardives telles que Iowa 4565, seront de plus en plus cultivées en terre irriguée.

Dates de semis. — Dans la plupart des cas, les semis des variétés de Maïs habituellement cultivées s'effectuent précocement en avril et début

(1) Nous adressons nos vifs remerciements à Messieurs les Ingénieurs des Services Agricoles de ces départements, pour les renseignements qu'ils nous ont communiqués.

mai, dès que la température du sol atteint le seuil de 10° conditionnant une bonne levée. Ces Maïs dits de « première culture » ou de « culture précoce » peuvent être semés dès le début d'avril dans le sud du Gard et dans les Bouches-du-Rhône, et à partir du 20 avril dans les terres argileuses froides des vallées du Gard et dans le nord du Vaucluse.

Mais en terrains maraîchers, des Maïs dits de « seconde culture » ou de « culture tardive », sont semés en juin et même jusqu'au début juillet, la plupart du temps après des fourrages ou des cultures de pommes de terre ; appartenant à des variétés demi-précoces ou même tardives (United 26, United 28), ils permettent une récolte très satisfaisante.

Récolte. — Dans la plupart des cas, elle s'effectue à la main, ou avec un appareil manuel à crochet ; dans les grosses exploitations, d'au moins 40 hectares, où la main d'œuvre pose de lourds problèmes, le Maïs est récolté au corn-picker.

Conservation. — Les épis sont conservés dans les cribs ou les greniers des mas, ou dans les coopératives.

II. — ÉVOLUTION D'*Ostrinia nubilalis* HBN

A. — Cycle annuel

La Pyrale du Maïs est l'un de ces insectes dont le nombre de générations diffère selon la situation géographique dans les différentes parties du monde, et demeure à peu près constant en un même lieu. La variabilité de son cycle annuel a retenu l'attention de nombreux chercheurs, qui se sont efforcés soit de préciser l'évolution de l'Insecte dans différentes régions d'étude, soit de rechercher quelle peut être l'influence du milieu et celle de l'hérédité dans la détermination du voltinisme. Plusieurs d'entre eux ont conclu à l'existence de races biologiques distinctes chez la Pyrale.

En Europe, selon Babcock (1927), la Pyrale univoltine domine en U. R. S. S., Hongrie, dans le nord de la Yougoslavie, dans le nord de la France ; la Pyrale bivoltine se développe dans le sud de la Yougoslavie, la vallée du Pô, et la bordure méditerranéenne de la France.

Thompson et Parker, de l'« European Parasite Laboratory » d'Hyères (1928), ont étudié le cycle d'*O. nubilalis* en France. Ils distinguent le Bassin rhodanien, zone à une génération, du Bassin méditerranéen, zone à deux générations et de climat plus favorable à la Pyrale. Le cycle de l'Insecte dans le Vaucluse n'est pas précisé : Thompson et Parker attribuent alors la rareté des Pyrales aux violents effets du mistral dans cette région ; mais il convient plutôt de l'expliquer par la faible importance des cultures de Maïs à l'époque de leur étude.

La Basse Vallée du Rhône doit être rattachée pour ce problème au Bassin méditerranéen ; nous verrons en effet que les relevés de quatre

années d'étude (1956 à 1959) permettent de conclure qu'*O. nubilalis* présente deux générations par an, complètes, dans cette zone géographique.

Quelques observateurs ont soulevé l'hypothèse d'une troisième génération partielle en Provence, lors de mois de septembre particulièrement chauds. Mais cette hypothèse ne semble pas devoir être retenue. En effet, MUTCHMOR et BECKEL (1958) ont montré que la température n'est pas seule à jouer, mais que la photopériode intervient d'une façon très importante. Dans les expériences de ces auteurs, les larves de Pyrale se développent sans diapause à 23°9 et à 29°4, quelle que soit la photopériode ; mais à 18°3, un éclairement égal ou supérieur à 16 heures par jour est nécessaire pour qu'une forte majorité des chenilles se nymphose normalement.

Pour notre part, pendant ces quatre dernières années où les moyennes de température se sont élevées pour septembre jusqu'à 20°5 en 1956 et 21°3 en 1958 (la moyenne normale est de 19°3), nous n'avons rencontré aucune nymphe de 2e génération en automne, parmi plusieurs milliers de larves de Pyrale récoltées.

Etant données les variations que subit l'évolution de la Pyrale en fonction de nombreux facteurs, tels que la plante-hôte et son mode de culture, nous avons seulement retenu les données fournies par deux cultures-types de Maïs de la région, cultivées chaque année à Manduel (Gard) sur les terres du vaste domaine de Campuget : un hybride tardif de 1re culture semé dès le mois d'avril (United 28, Iowa 4565), et un hybride demi-précoce de 2e culture, semé au début de juin (United 26). Chacune de ces deux cultures-types, en offrant d'excellentes conditions de ponte et de survie larvaire à chacune des deux générations de la Pyrale, favorise l'extension numérique de ce ravageur.

Le schéma du cycle évolutif représenté par la figure 1, met en évidence les périodes de présence des stades successifs de l'Insecte. Ces périodes ont été précisées à la fois par des captures de papillons au piège lumineux, des comptages de pontes, des relevés et comptages périodiques (un à deux par semaine) de larves et de nymphes récoltées dans des pieds de Maïs disséqués.

Nous constatons que les dates de début et fin des périodes de présence des différents stades varient peu d'une année à l'autre, de telle sorte que des dates-repères moyennes peuvent être indiquées pour chacun d'eux (tableau I).

Il faut noter cependant qu'au cours des récoltes périodiques de pyrales, nous rencontrons parfois des cas aberrants ; des chenilles d'un stade donné peuvent être récoltées longtemps après la date-repère normale indiquée pour la fin de ce stade. Ce fait peut s'expliquer par des différences individuelles de développement, par une mauvaise alimentation de larves

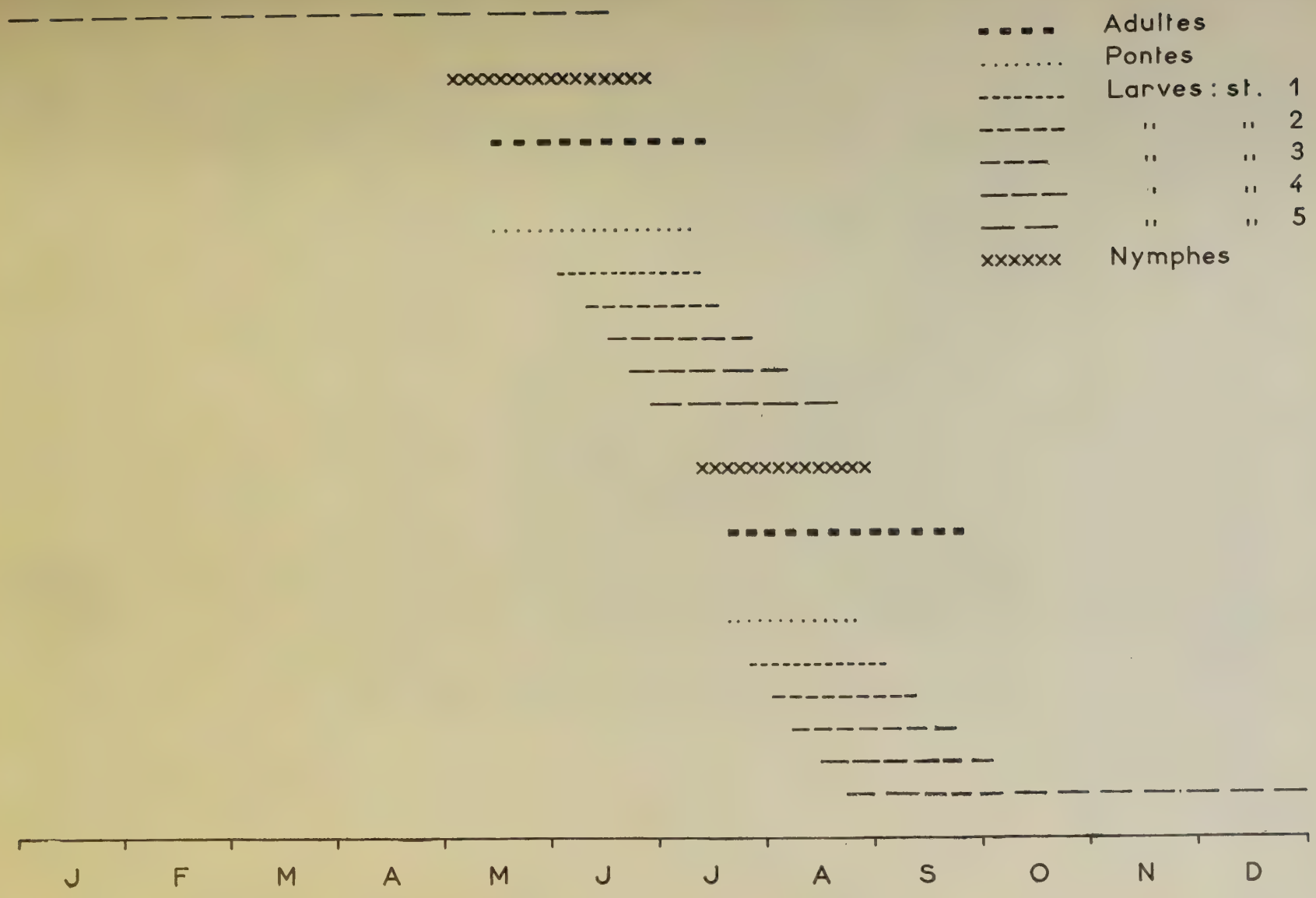


FIG. 1. — Cycle évolutif d'*O. nubilalis* dans la Basse Vallée du Rhône.

sur des pieds déficients, ou encore par le séjour temporaire de larves sur des plantes-hôtes adventices moins favorables que le Maïs au développement de la Pyrale.

Tableau I

*Dates extrêmes moyennes des périodes de présence des stades successifs d'*O. nubilalis *dans la Basse Vallée du Rhône.*

Stades d'*O. nubilalis*	Périodes de présence
1re génération	
Pontes	15 mai au 10 juillet
Larves du 1er stade	3 juin — 13 —
— — 2e —	11 — — 18 —
— — 3e —	17 — — 28 —
— — 4e —	23 — — 7 août
— — 5e —	29 — — 21 —
Nymphes	12 juillet — 30 —
Adultes	20 — — 26 septembre
2e génération :	
Pontes	20 juillet au 25 août
Larves du 1er stade	26 — — 4 septembre
— — 2e —	2 août — 12 —
— — 3e —	8 — — 23 —
— — 4e —	15 — — 3 octobre
— — 5e — (hivernantes)	22 — — 18 juin suivant
Nymphes	3 mai au 30 juin
Adultes	15 — — 15 juillet

B. — Particularités biologiques des différents stades de la Pyrale

1° Larves hivernantes.

O. nubilalis passe l'automne, l'hiver et le printemps au cinquième et dernier stade larvaire. La plupart des chenilles hivernantes sont abritées dans des fragments de chaumes de Maïs restés à la surface du sol, ou plus ou moins profondément enterrés lors d'un labour d'enfouissement. Quelques-unes sont emportées avec les épis, qui sont entreposés dans les cribs et les greniers des mas, ou dans les bâtiments des coopératives. Au cours de cette saison de repos, les larves s'alimentent parfois aux dépens des organes de Maïs restés humides. Elles peuvent effectuer des migrations vers divers abris : crevasses et mottes de terre, recoins de bâtiments, plis de sacs, etc.

Souvent elles demeurent immobiles dans leurs abris, avec la partie antérieure de leur corps recourbée, ce qui leur confère une forme en point d'interrogation (fig. 2). Dans les galeries de tiges de Maïs elles s'entourent parfois d'un léger cocon.

Leur résistance aux basses températures est remarquable. Dans nos propres expériences, une exposition à —8° pendant 30 jours, suivie

d'un passage à —18° pendant 3 jours, ne provoque aucune mortalité. Barnes et Hodson (1957) signalent qu'une exposition de 22 jours à —32° n'affecte pas le taux de survie des chenilles hivernantes.

La larve hivernante d'*O. nubilalis* subit une diapause qui semble installée de bonne heure en septembre malgré les températures encore relativement élevées de notre région. Des rentrées périodiques de chenilles prélevées dans la nature au cours de la longue période de repos de l'Insecte

Fig. 2. — Larve hivernante d'*O. nubilalis*.

nous amènent à supposer que la diapause s'élimine progressivement au cours de l'hiver. Les résultats de nos recherches en cours dans ce domaine, feront l'objet d'une publication ultérieure.

2° Nymphes printanières.

Les larves hivernantes se nymphosent dans leurs abris à partir du début de mai. Des prélèvements périodiques de pyrales dans les chaumes de Maïs après l'hiver permettent de suivre avec précision la progression

du phénomène de nymphose ainsi que celui de l'éclosion des papillons (tableau II, fig. 3). Nous remarquons ainsi qu'entre les années 1957 et 1959 il y a peu de différence en ce qui concerne le passage de l'état larvaire à l'état nymphal. Cette constatation confirme ce que nous avons déjà exprimé : les périodes de présence d'un stade donné diffèrent peu d'une année à l'autre. De plus la coïncidence des courbes de nymphose pour 1957 et 1959 met en évidence le rôle régulateur de la diapause d'une part, l'homogénéité biologique actuelle de la Pyrale dans la Basse Vallée du Rhône d'autre part. En effet, si le ravageur présentait un mélange de races biologiques dans cette région, on devrait observer, comme Neiswander dans l'Ohio (1947), une nymphose des Pyrales univoltines plus tardive que celle des Pyrales bivoltines.

Tableau II

*Pourcentages de chacun des stades d'*O. nubilalis *récoltés lors de comptages printaniers.*

Dates	% larves	% nymphes non écloses	% nymphes écloses
1957 — 3 mai	100	0	0
4 —	99	1	0
6 —	98	2	0
13 —	88	12	0
21 —	68	31	1
28 —	54	41	5
5 juin	9	75	16
12 —	4	73	23
18 —	0	39	61
1959 — 6 mai	100	0	0
14 —	90	10	0
21 —	70	30	0
28 —	53	46	1
4 juin	17	64	19
11 —	2	58	40
18 —	0	21	79
25 —	0	0	100
2 juillet	0	0	100

Par ailleurs, l'examen de la figure 3 indique une nette accélération du phénomène de nymphose à partir du 13 mai, ainsi qu'une accélération des éclosions à partir du 28 mai. D'une façon générale, on peut admettre que dans une population donnée, le phénomène de nymphose s'échelonne sur 45 jours tandis que celui de l'éclosion des papillons se répartit sur 28 jours seulement.

Enfin la durée de la nymphose dans la nature atteint environ trois semaines en fin mai et début juin. Elle diminue au fur et à mesure que la température augmente, jusqu'à atteindre une valeur moyenne de deux semaines en fin juin.

Plusieurs auteurs ont souligné l'influence de l'humidité sur la reprise du développement des larves hivernantes. Si Babcock (1927) indique que

la nymphose est retardée chez des chenilles maintenues en milieu sec, ROUBAUD (1928) précise que les larves en asthénobiose doivent d'abord subir une anhydrobiose réactivante avant qu'une réhydratation favorise la nymphose. Se référant aux travaux de BARNES et HODSON (1957) sur l'élévation de la quantité d'eau contenue dans le corps des chenilles après l'hiver, MELLAMBY (1958) montre que les larves de Pyrale boivent de l'eau avant la nymphose. Dans notre région, il est plausible que les abondantes pluies printanières facilitent la métamorphose d'*O. nubilalis*

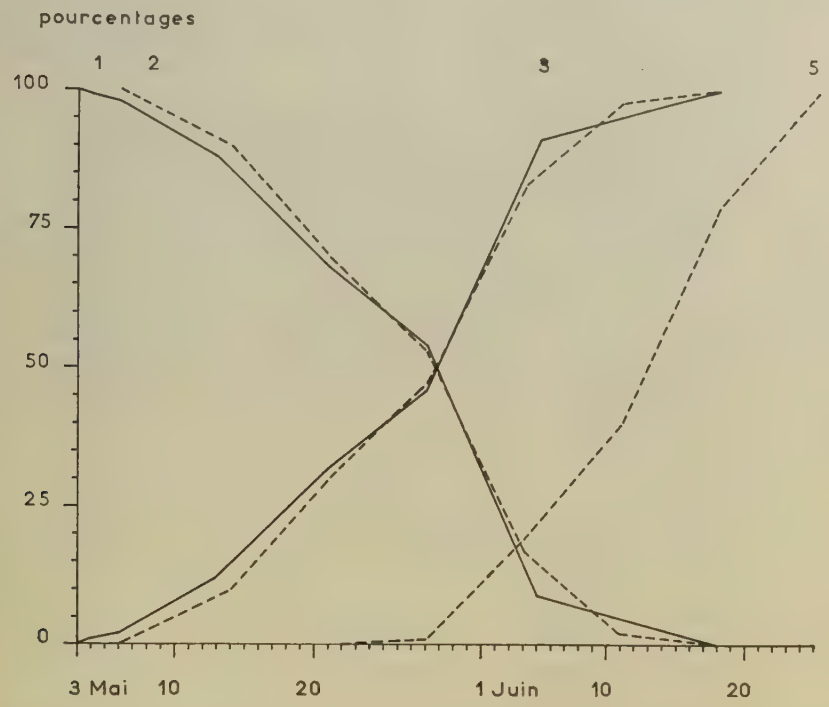


FIG. 3. — Courbes de nymphoses et d'éclosions printanières d'*O nubilalis*.
Courbes 1 et 2 : Pourcentages de chenilles récoltées en 1957 et 1959. — Courbes 3 et 4 = Pourcentages de nymphes récoltées en 1957 et 1959. — Courbe 5 = Courbe d'éclosion des papillons en 1959.

en gorgeant d'eau le sol et les fragments de chaumes de Maïs. Les expériences préliminaires que nous avons conduites sur l'élimination de la diapause de la Pyrale paraissent confirmer le rôle favorable de l'humidité.

3° **Adulte.**

a) *Vol.* — L'activité des papillons de Pyrale est crépusculaire et nocturne. Pendant le jour et par temps chaud et calme, nous pouvons les observer au repos, immobiles sur la face inférieure des feuilles de Maïs ou sur les tiges. Dérangés, ils s'envolent rapidement, avec agilité, parcourent quelques mètres, puis s'immobilisent de nouveau sur les plants de Maïs ou sur les mauvaises herbes entre les raies. Le mistral inhibe leur activité.

Le piégeage lumineux d'*O. nubilalis* a été réalisé par de nombreux écologistes américains. Parmi eux, KELSHEIMER (1935), HERVEY et PALM (1935), FICHT, HIENTON et FORE (1939, 1940, 1941) ont dégagé divers facteurs susceptibles d'influencer le nombre des captures, facteurs relatifs au climat, au Maïs, au piège et à l'Insecte lui-même :

— l'intensité et la qualité de la source lumineuse ;

— la position du piège par rapport au Maïs, c'est-à-dire à l'intérieur de la culture ou à l'extérieur du champ ;

— la situation du piège par rapport aux vents dominants ;

— le nombre de pièges et leur répartition par rapport à la topographie des cultures ;

— la hauteur du Maïs situé sous le piège, ou à proximité ;

— les conditions météorologiques et l'heure de la nuit ;

— la sensibilité des pyrales.

Nous avons pratiqué le piégeage lumineux pendant quatre années consécutives à Manduel (Gard), au Domaine de Campuget. Le piège utilisé appartient au type décrit par WILLIAMS (1939), et fonctionne avec une lampe Mazda-Mixa de 250 watts, émettrice de lumière mixte (U. V. et incandescence) et installée à environ 1,30 m au-dessus du sol, à proximité des cultures de Maïs (fig. 4). Un appareil enregistreur météorologique permet de connaître la température et l'humidité relative de l'air, à côté du piège.

L'examen des courbes de captures présentées dans les graphiques nº 5 et 6 permet de mettre en évidence les quelques faits précis suivants :

— la présence presque continue de papillons de Pyrale depuis la mi-mai jusqu'à la fin septembre ; il n'y a pas de séparation nette entre le vol printanier et le vol de 1re génération au mois de juillet ;

— une période maximum de captures pour chacune des deux générations d'adultes ;

— l'augmentation importante du nombre des captures en deuxième vol, en particulier en 1957 ;

— l'influence des conditions météorologiques sur l'activité des papillons, en particulier l'action néfaste de la pluie et du vent, comme le montrent les captures nulles des 11 et 12 juin 1957, les captures nulles du 21 au 24 mai 1959, du 10 au 13 juin 1959, et les captures réduites des 9 août 1957 et 10 août 1959.

Afin d'apporter des précisions sur l'activité des papillons pendant les périodes successives de la nuit, nous avons suivi d'heure en heure les captures d'un piège de type Williams, pendant la nuit du 11 au 12 août 1955 ; c'était une nuit calme, de conditions météorologiques constantes : 18º de température et 90 p. 100 d'humidité relative. L'activité de la Pyrale a été continue depuis le crépuscule jusqu'à l'aube, et un maximum important de captures a été enregistré entre 22 et 24 heures (fig. 7).

Ces résultats confirment ceux d'Hervey et Palm (1935), qui précisent, de plus, que les moyennes de température nocturne situées entre 21° et 24° sont les plus favorables au vol. Ils sont également assez voisins des résultats obtenus par Ficht et Hienton (1941), qui situent le maximum du vol entre 23 heures et 2 heures, et indiquent que l'activité de la Pyrale diminue lorsque la température s'abaisse en dessous de 15°5.

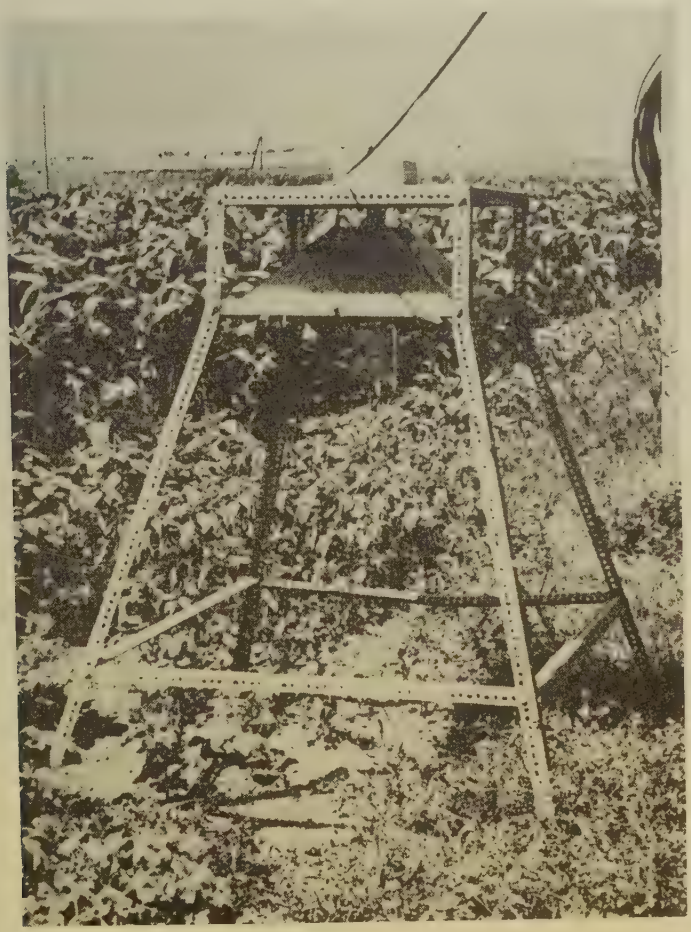


Fig. 4. — Piège lumineux.

Nous n'avons pas pu compter de façon précise et pendant toute la durée du piégeage, les ♂ et les ♀ capturés journellement. Toutefois il paraît certain que plus de ♂ sont piégés au début de chaque vol ; mais à l'époque du maximum de pontes nous dénombrons au contraire plus de ♀. Dans la nuit du 11 au 12 août 1955, 62 p. 100 des papillons piégés sont des ♀.

Nos propres essais de piégeage mettent en évidence l'influence exercée par la distance du piège au Maïs sur le nombre des captures :

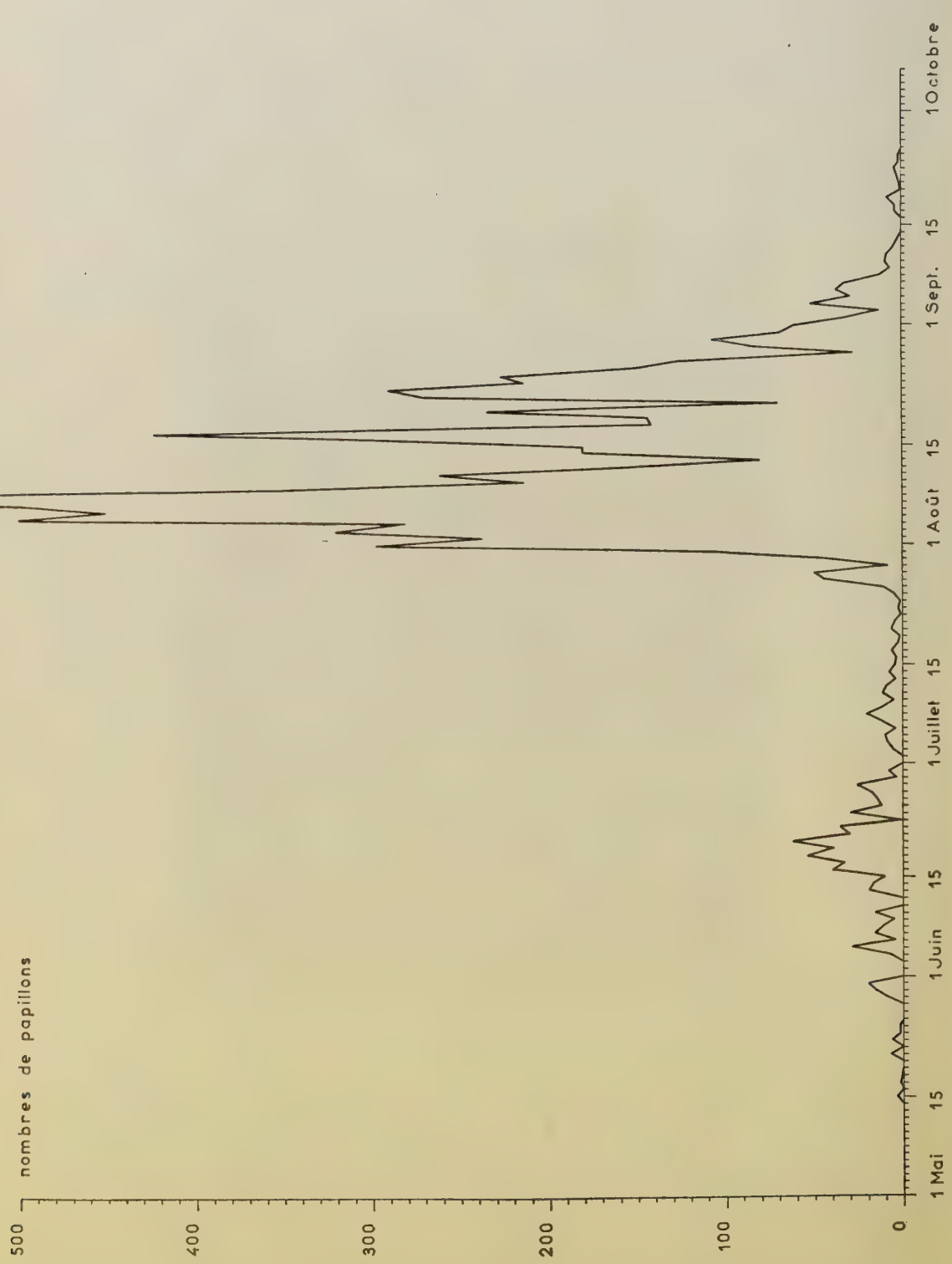


FIG. 5. — Courbe de captures d'*O. nubilalis* au piège lumineux. Manduel (Gard), 1957.

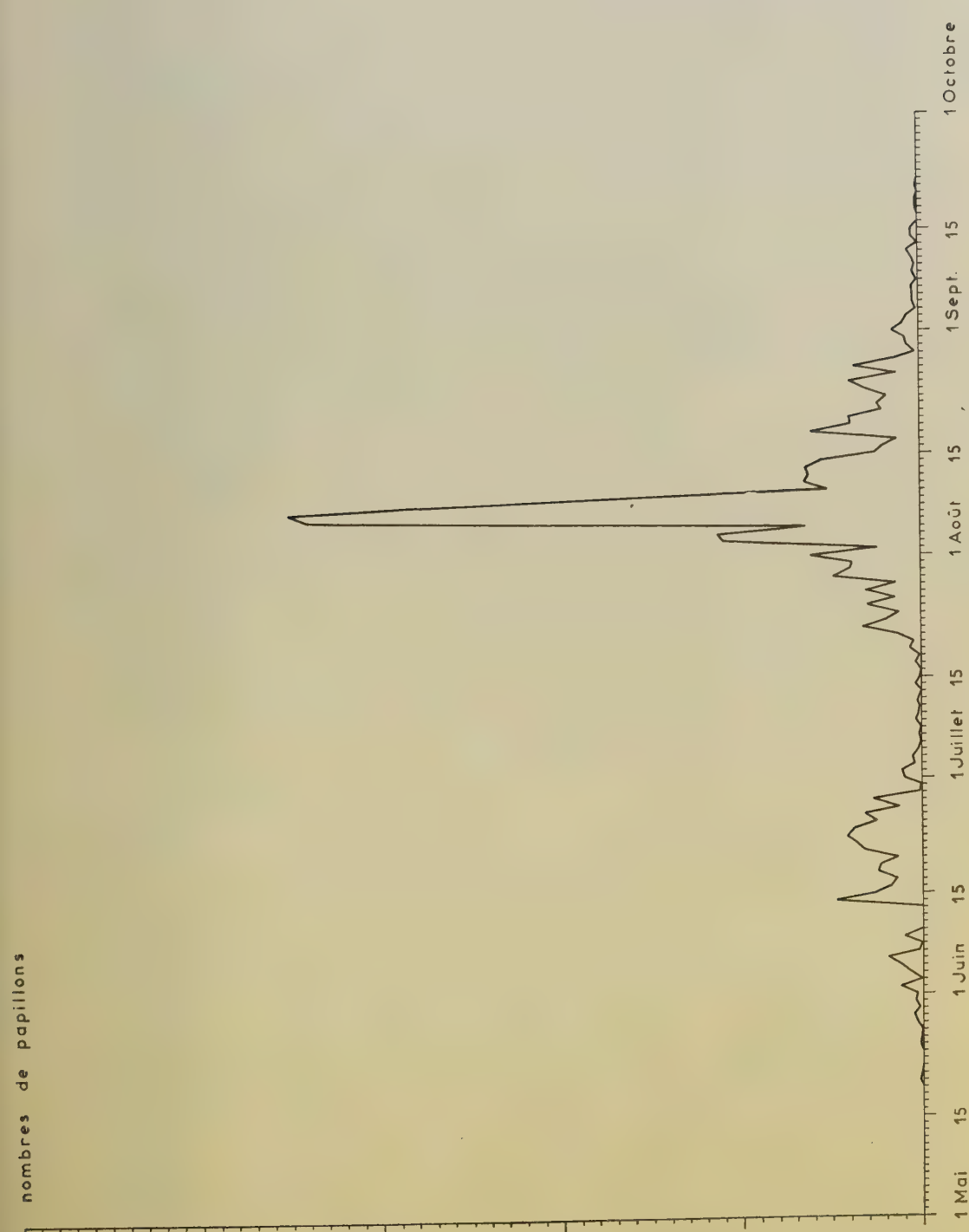


FIG. 6. — Courbe de captures d'*O. nubilalis* au piège lumineux. Manduel, 1959.

en 1957 et 1959, le piège était situé à proximité d'un Maïs de 1re culture, très attractif pour le premier vol de papillons ; les nombres de pyrales capturées et les chiffres d'infestation étaient du même ordre pour les deux années. En 1957, le piège se trouvait également à proximité d'un Maïs de 2e culture, très attractif pour les pyrales du 2e vol. Mais en 1959, il dut être déplacé, et installé de nouveau en bordure du Maïs de 1re culture, mais à une distance de 200 mètres du Maïs de seconde culture.

Fig. 7. — Courbe horaire des captures d'*O. nubilalis* au piège lumineux. Manduel, nuit du 11 au 12 août 1955.

Alors que le maximum des captures atteint 1 200 pyrales en 1957, il ne dépasse pas 350 individus en 1959, malgré des conditions météorologiques analogues dans les deux années, et des infestations comparables en 2e génération.

Pour Ficht et Hienton, la hauteur des plants de Maïs situés dans le voisinage immédiat des pièges, paraît être le facteur le plus important dans l'orientation du vol des papillons vers les pièges d'égale intensité lumineuse. Dans les expériences d'Hervey et Palm, les plus grands nombres de papillons sont capturés lorsque les pièges sont abaissés à la hauteur du Maïs.

Les variations des captures en fonction des facteurs divers exigent une grande prudence dans l'interprétation des courbes. Si elles indiquent l'époque des vols et donnent une idée des fluctuations de ces vols d'une génération à l'autre, on ne peut en tirer de conclusions précises quant au niveau des populations présentes dans les cultures.

b) *Ponte.* — Très rapidement après son éclosion, *O. nubilalis* s'accouple et dépose des œufs juxtaposés en plaquettes blanchâtres. La majorité des pontes sont déposées sur le Maïs lui-même, en particulier à la face inférieure des feuilles, à leur aisselle ou contre la nervure principale, parfois aussi sur les tiges. Lorsque le Maïs est parvenu à un stade végétatif assez avancé, avec des épis développés, la Pyrale pond en abondance sur les spathes encore verts. Des pontes sont également observées sur les plantes sauvages qui poussent entre les raies de Maïs : *Chenopodium* sp., *Amarantus* sp., *Foeniculum* sp.

De nombreux auteurs étrangers attribuent à la hauteur du Maïs un rôle primordial dans le choix de la Pyrale pour la ponte. Cheu (1940) n'a jamais trouvé de pontes sur les plantes ayant moins de 50 centimètres de hauteur ; il met en évidence des corrélations significatives entre la hauteur du Maïs et les populations d'œufs et de larves de Pyrale. Ficht (1931), explique les infestations relativement faibles des semis tardifs par le fait qu'aucun œuf n'est déposé sur de telles cultures tant qu'elles n'ont pas atteint une hauteur attractive. La hauteur moyenne à laquelle toutes les plantations suivies par cet auteur commencent à recevoir des pontes, est de 37 cm en 1928, et de 34 cm en 1930.

Nous n'avons également jamais observé de pontes sur des plants de Maïs de taille inférieure à 30-40 cm. Ce fait est très important en ce qui concerne l'attaque de 1re génération : même s'ils appartiennent à des hybrides de cycle long, les Maïs semés précocement en avril atteignent ou dépassent 30 cm de hauteur dès le début de la ponte d'*O. nubilalis*, qui peut alors déposer ses œufs sur ces cultures pendant toute sa période féconde. Les hybrides semés plus tard, en mai, même levant de bonne heure en saison, ne subissent que la fin de la ponte. Enfin, les Maïs de seconde culture, semés en juin, ne reçoivent aucune ponte de 1re génération.

Si la Pyrale ne semble pas déposer d'œufs sur les Maïs bas, il est probable qu'elle puisse, en outre, faire un choix entre différentes hauteurs favorables ; des cultures de Maïs semées en mai sont moins attaquées par la première génération lorsqu'elles sont situées à proximité de cultures semées en avril, que lorsqu'elles sont isolées. Nos observations confirment en ce point les conclusions de Patch (1942) : lorsqu'il y a en présence des Maïs de tailles différentes, les plus élevés reçoivent le plus grand nombre de pontes.

Pour Turner et Beard (1950), plutôt qu'avec la hauteur des plantes, le dépôt des pontes de 1re génération serait en relation avec la surface

de feuille disponible. Par ailleurs le dépôt des pontes de 2e génération serait plus en relation avec le stade de croissance végétative du Maïs qu'avec la hauteur même des plantes. Notre opinion concorde, pour ce dernier point, avec celle de ces auteurs : à l'époque de la ponte de 2e génération où les Maïs semés en juin ont presque rattrapé en taille les cultures semées en avril, ce sont les plants les plus jeunes, les plus verts, qui reçoivent le plus de pontes de Pyrale. Un comptage précis, fait en août 1957, a permis de dénombrer 15 fois plus de pontes sur un hybride Wisconsin 240 de 2e culture, venant de fleurir, que sur un hybride Iowa 4417 de 1re culture, au feuillage en partie desséché.

En résumé, O. nubilalis *ne pond que sur les Maïs ayant atteint ou dépassé un minimum de taille ; lorsqu'il y a compétition entre plusieurs cultures de hauteurs favorables à la ponte, l'Insecte manifeste une préférence en faveur des Maïs les plus élevés, ou en faveur des plants les plus jeunes physiologiquement.*

c) *Fécondité.* — Plusieurs auteurs ont examiné le problème des variations de la fécondité chez *O. nubilalis* en fonction des facteurs du milieu.

Kozhanchikow (1937) souligne l'action favorable de l'humidité de l'air sur la longévité et la fertilité des papillons. Dans ses essais de ponte au laboratoire, aucun œuf n'est déposé à 70 p. 100 d'H. R. ; des papillons gardés à 80 p. 100 d'H. R. pondent en moyenne 42 œufs par individu ; mais une fertilité élevée et une longévité normale ne sont observées qu'à 100 p. 100 d'H. R. Cet auteur indique, de plus, que les nymphes soumises à une forte sécheresse, donnent naissance à des femelles peu fécondes, tandis que les papillons issus de nymphes gardées à 100 p. 100 d'H. R. pondent une moyenne de 200 œufs par femelle.

Kozhanchikow signale la nécessité d'alimenter les femelles de Pyrale avec de l'eau ou de l'eau sucrée au laboratoire pour qu'elles pondent normalement.

Les essais de Rumyantzev (1929), effectués avec des papillons provenant de nymphes récoltées dans des tiges de Chanvre et de Millet de différents diamètres et de vigueur variable, ont permis de conclure que l'humidité affecte la fécondité d'*O. nubilalis* indirectement, en favorisant la croissance des plantes et en augmentant ainsi leur valeur nutritive pour les larves. Pour cet auteur, les variations observées d'année en année sur la fertilité de la Pyrale, doivent ainsi être reliées aux conditions météorologiques de la période pendant laquelle les larves se développent.

Beard (1943) indique que le nombre total d'œufs déposés en 2e génération excède intensément le nombre d'œufs déposés en 1re génération ; mais il attribue cette différence à la plus longue période de présence des adultes de la génération d'été.

Dans le but d'évaluer la fécondité d'*O. nubilalis* dans les conditions

naturelles et au laboratoire, nous employons la technique suivante : des couples de Pyrale, isolés et enfermés dans des bocaux de verre aérés, sont mis en présence d'un fragment de tige de Maïs vert comprenant un nœud et un départ de feuille, ainsi qu'un coton imbibé d'eau sucrée. Dans ces conditions la survie des papillons atteint 3 ou 4 semaines, et les pontes déposées sur le Maïs, sur le verre ou sur le papier filtre tapissant le fond des bocaux, sont de taille normale.

Le premier essai est entrepris sous abri, afin de comparer dans des conditions proches de celles de la nature, la fécondité des femelles de générations différentes, fécondité qui est définie par le nombre moyen de pontes et d'œufs déposés par individu. Les valeurs suivantes sont obtenues :

♀ du 1er vol, pondant en juin 1957 : 19 pontes ; 231 œufs ;
♀ du 2e vol, pondant en août 1957 : 28 pontes ; 468 œufs ;
♀ du 1er vol, pondant en juin 1958 : 11 pontes ; 160 œufs.

Le second essai est conduit sous conditions constantes de laboratoire (25°, 90 à 100 p. 100 d'H. R., obscurité continue), afin d'éliminer l'action des différences climatiques naturelles sur la fécondité des papillons de générations successives. Les nombres moyens de pontes et d'œufs déposés par une ♀ sont les suivants :

♀ du 1er vol, pondant en juin 1957 : 16 pontes ; 186 œufs ;
♀ du 2e vol, pondant en août 1957 : 42 pontes ; 420 œufs ;
♀ du 1er vol, pondant en juin 1958 : 14 pontes ; 107 œufs.

S'il ne fait aucun doute que les femelles du vol d'été sont plus fécondes que les femelles du vol printanier, le problème se pose de savoir à quelles causes doivent être attribuées les différences ainsi observées. Les papillons testés dans nos essais provenaient tous de chenilles alimentées sur des pieds de Maïs verts et vigoureux. Cependant, les papillons du vol printanier étaient issus de chenilles nourries sur un Maïs de 2e culture, tandis que ceux du vol d'été provenaient de larves développées sur un Maïs de 1re culture. Or, les conditions climatiques des périodes de végétation de ces deux cultures successives sont bien différentes. De plus, ainsi que nous le mettrons ultérieurement en évidence, les localisations des larves de Pyrale dans les divers organes du pied de Maïs diffèrent selon qu'elles éclosent sur des Maïs de 1re ou de 2e culture. Les différences d'alimentation larvaire qui résultent de ces faits sont susceptibles de provoquer des variations de la fécondité des papillons.

En outre, les papillons du 1er vol proviennent de chenilles ayant hiverné, et ceux du 2e vol, de larves développées sans diapause. Il semble donc rationnel de supposer que les larves hivernantes utilisent une grande partie de leurs réserves pendant leur longue période de diapause, et donnent ainsi naissance à des insectes moins féconds que ceux de la génération sans diapause.

4° Oeuf.

Des pontes placées en incubation surveillée, dans la nature sous abri, éclosent après des durées moyennes variables suivant la période de ponte :

Période de ponte	Durée moyenne d'incubation
Début juin 1958	9-10 jours
Fin juin 1958	5- 6 jours
15 juillet à 15 août 1957	4- 5 jours
Fin août 1957	8 jours

En expérience de laboratoire sous conditions constantes de température et d'humidité (proche de la saturation), le relevé des durées d'incubation donne les valeurs suivantes :

Températures de 14° = 26 à 28 jours
16° = 16 —
18° = 11,5 —
20° = 8 —
25° = 4,5 —
30° = 3 à 3,5 —

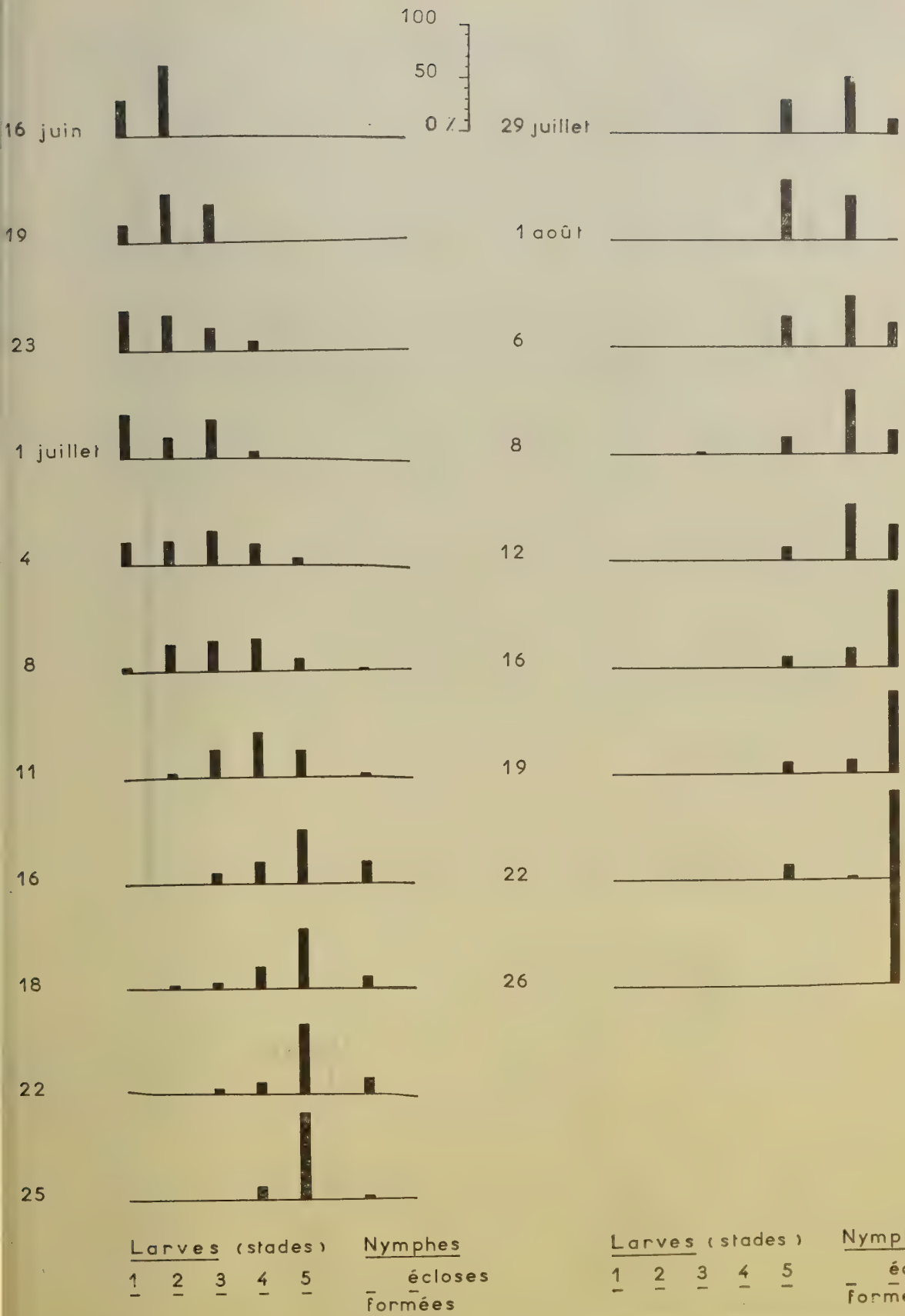
Il semble donc que le seuil thermique du développement embryonnaire se situe aux environs de 12-13°. A 11° nous n'observons aucune éclosion, mais la majorité des œufs présentent une capsule céphalique noire de larve formée, après 35 jours d'incubation.

Dans la nature, la mortalité des œufs est en général élevée ; les embryons évoluent normalement, mais un certain nombre de larves n'éclosent pas. Pour la plupart des auteurs, cette mortalité est fonction de la sécheresse de l'air (Kozhanchikow, 1937 ; Laduizhenskaya, 1937). Dans la Basse Vallée du Rhône, la violence du mistral détache souvent les pontes de leur support : les embryons se développent plus ou moins complètement dans les ooplaques ainsi isolées.

5° Larves et nymphes d'été.

La larve nouveau-née d'*O. nubilalis* est jaune pâle et mesure 2 à 3 mm de longueur. Elle passe par cinq stades successifs, avant d'arriver à son complet développement ; sa taille atteint alors 2 cm environ. D'une teinte générale blanc jaunâtre ou rosé, tirant parfois sur le gris ou sur le brun, la larve du 5e stade présente dorsalement sur chaque segment, une série de quatre plaques antérieures brunes, suivies de deux plaques postérieures plus petites. Chacune de ces plaques porte une soie.

La capsule céphalique et la plaque thoracique sont d'un noir brillant chez les premiers stades, d'un brun plus clair chez le 4e stade, à peine teintées chez la larve complètement développée. Ces caractères anatomiques sont communs aux chenilles des deux générations de Pyrale.



IG. 8. — Évolution larvaire et nymphale d'*O. nubilalis*, dans une culture d'United 28 semé le 15 avril 1958 ; 1re génération, Manduel.

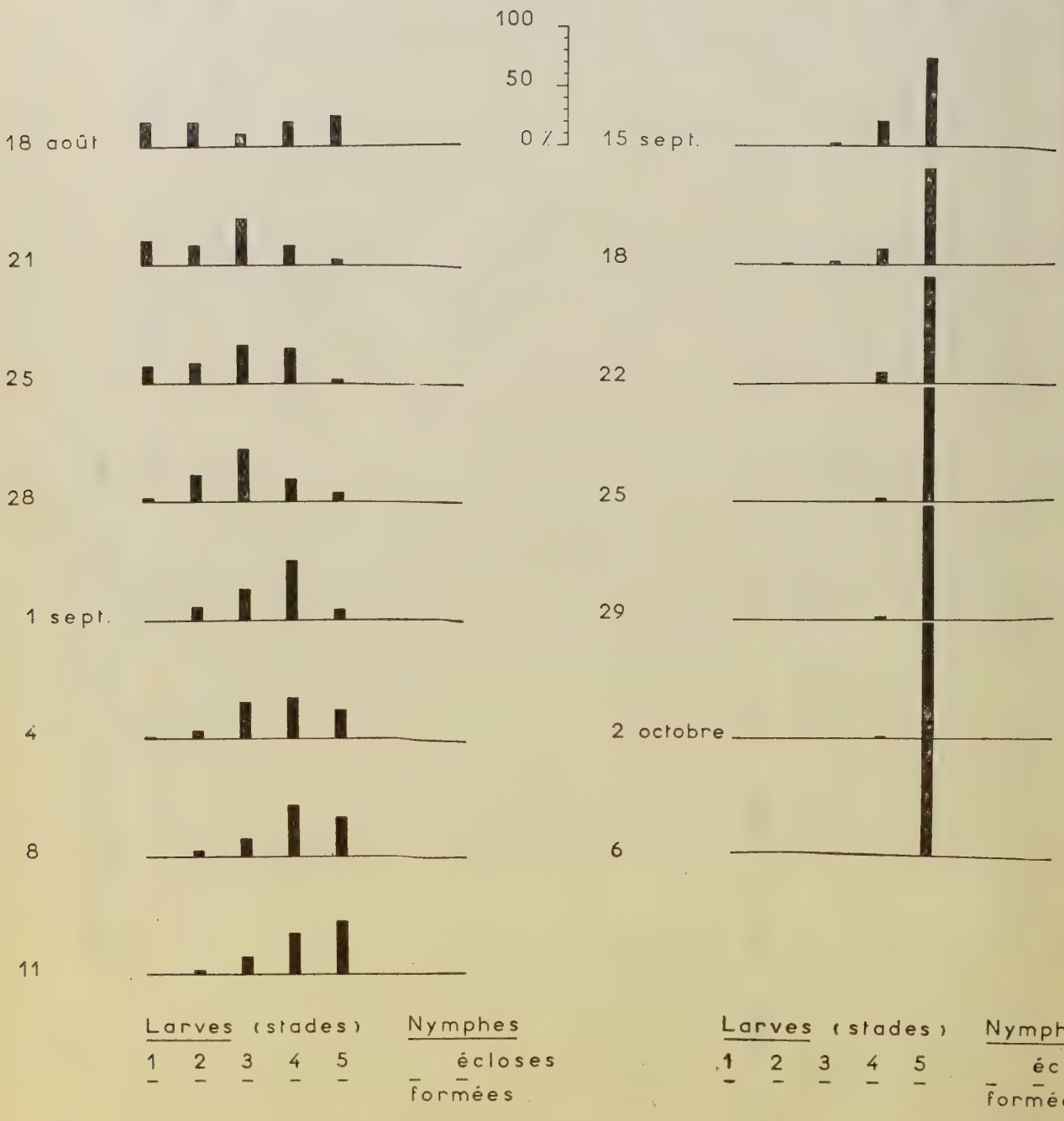


FIG. 9. — Évolution larvaire et nymphale d'*O. nubilalis*,
dans une culture d'United 26 semé du 1er au 10 juin 1959 ; 2e génération, Manduel.

Lorsqu'une ponte éclot, les jeunes chenilles se dispersent à la surface des feuilles, et se nourrissent un certain temps de parenchyme foliaire avant de pénétrer dans le cornet ou sous les gaines de feuilles. La mortalité larvaire est alors très importante ; PAINTER et FICHT (1925) évaluent la mortalité des larves du 1er stade à 75 p. 100 au cours des premières 48 heures. Elle semble due en particulier à l'action des agents mécaniques et physiques.

Le vent favorise la dissémination des jeunes larves, mais il les fait périr en grand nombre lorsqu'il souffle violemment, tel le mistral dans la Basse Vallée du Rhône. Des larves meurent aussi par noyade dans les gouttes de pluie ou de rosée, au centre du cornet, entre les limbes accolés et à l'aisselle des feuilles. KOZHANCHIKOW (1937) précise au laboratoire les exigences thermiques des larves de Pyrale : les larves nouveau-nées survivent seulement à une forte humidité (95-100 p. 100 d'H. R.), bien que l'échelle thermique favorable à leur évolution s'étende de 15° à 33°. Pour SPRINGER (1932), seulement 5,8 p. 100 des œufs en moyenne donnent naissance à des larves qui survivent jusqu'au 3e stade ; recherchant les raisons de cette mortalité, l'auteur montre qu'après avoir éliminé autant que possible l'action des autres facteurs, une exposition aux rayons ultra-violets provoque une augmentation significative de la viabilité, suivie d'une rapide élévation du taux de mortalité.

Par ailleurs, à la suite d'une expérimentation poussée sur la nutrition artificielle des larves d'*O. nubilalis*, BECK (1957) suppose que des défi-

TABLEAU III

Exemples de notations relevées dans les cultures-types infestées par la 1re *génération d'O. nubilalis* :

1957 : Hybride Iowa 4417 semé au début avril.
1958 : Hybride U 28 semé le 15 avril.
1959 : Hybride Iowa 4565 semé le 15 avril.

Dates d'examen	Pourcentages des stades larvaires et des nymphes de pyrales récoltées						
	L I	II	III	IV	V	N formées	N écloses
	%	%	%	%	%	%	%
21/6/57	21	50	29				
23/6/58	37	33	21	9			
23/6/59	23	39	23	15			
12/7/57		1	11	27	55	6	
16/7/58			10	20	50	20	
13/7/59			5	29	60	6	
31/7/57				6	25	49	20
29/7/58					32	54	14
31/7/59				2	30	48	20
16/8/57					11	14	75
16/8/58					10	18	72
14/8/59					8	20	72

ciences nutritionnelles sont à l'origine de la forte mortalité observée parmi les larves se nourrissant sur les très jeunes feuilles de Maïs.

L'évolution larvaire des deux générations a été précisée pendant l'été à Manduel, dans les cultures-types suivies pour l'étude du cycle de l'Insecte. Les pourcentages de chacun des stades présents ont été notés au cours de dissections périodiques de pieds de Maïs prélevés dans ces deux cultures. De même que la coïncidence des courbes de nymphose printanière, la comparaison des pourcentages relevés à des dates voisines, pour chacun des étés 1957, 1958, 1959, montre que l'évolution de l'Insecte varie très peu, d'une année à l'autre, dans des cultures analogues. Les tableaux III et IV groupent quelques chiffres de relevés et, à titre d'exemple, nous publions les graphiques des pourcentages notés périodiquement pour la 1re génération en 1958, et pour la 2e génération en 1959 (fig. 8 et 9).

TABLEAU IV

Exemples de notations relevées dans les cultures-types infestées par la 2e génération d'O. nubilalis :

1957 : Hybride Wiscousin 240 semé le 9 juin.
1958 : Hybride United 26 semé le 10 juin.
1959 : Hybride United 26 semé le 1-10 juin.

Dates d'examen	Pourcentages des stades larvaires de pyrales récoltées				
	L I	II	III	IV	V
23/8/57	7 %	32 %	39 %	21 %	1 %
26/8/58	15 %	17 %	25 %	35 %	8 %
25/8/59	15 %	18 %	33 %	30 %	4 %
5/9/57		3 %	17 %	34 %	46 %
8/9/58			11 %	57 %	32 %
8/9/59	1 %	5 %	16 %	44 %	34 %
20/9/57			2 %	16 %	82 %
19/9/58			5 %	20 %	75 %
18/9/59		1 %	3 %	14 %	82 %
3/10/57				3 %	97 %
7/10/58					100 %
6/10/59					100 %

III. — INFLUENCE DES FACTEURS DU MILIEU SUR L'ÉVOLUTION LARVAIRE DE LA PYRALE DANS LES CULTURES DE MAIS

Les observations relatives à l'écologie d'*O. nubilalis* ont été faites dans plusieurs localités appartenant aux trois départements de la Basse Vallée du Rhône : Vaucluse, Gard et Bouches-du-Rhône (fig. 10). Le choix de ces zones d'étude a été guidé par le souci d'établir le plus grand

nombre de comparaisons possible entre des cultures de caractères écologiques différents : zones de concentration des cultures et de diversité des variétés et dates de semis (Montfavet, Manduel, Puechredon) ou champs isolés (L'Isle-sur-Sorgue) ; cultures de collines (Puechredon) ou de plaine (Manduel) ; zones de différentes latitudes (de Pont St-Esprit à Raphèle-Moulès) (1).

FIG. 10. — Zones d'étude d'*O. nubilalis* dans la Basse Vallée du Rhône. Les localités prospectées sont indiquées par un cercle noirci.

L'évolution d'une population larvaire d'*O. nubilalis* dans une culture de Maïs est soumise à de nombreuses influences qui règlent notamment le nombre et la période des pontes déposées sur le Maïs, la durée de développement et la survie des larves de stades successifs. En raison de la grande diversité des Maïs prospectés, de l'impossibilité d'expérimenter en conditions bien définies, et de l'important travail matériel exigé par les relevés, il ne nous a pas été possible de déterminer comment chacun de ces phénomènes biologiques varie en fonction des nombreuses conditions du milieu. Nous avons simplement comparé les « niveaux d'évolu-

(1) Nous remercions vivement les propriétaires et régisseurs des domaines prospectés, pour l'aide complaisante qu'ils nous ont apportée ; en particulier, M. DELASSUS, Directeur de la Société Agricole de Campuget, à Manduel, qui nous a autorisés à prélever des milliers de plants de Maïs dans ses cultures, et dont le personnel a assuré la marche régulière du piège lumineux.

tion » (1) auxquels étaient parvenues les populations larvaires appartenant à différentes cultures, à des dates données, chaque niveau d'évolution résultant de toutes les influences exercées sur la population depuis le dépôt des pontes dont elle est issue. A l'occasion de chaque comparaison, nous avons essayé de préciser le facteur de variation en jeu, et d'expliquer son mode d'action.

1° Influence des facteurs géographiques.

Nous avons déjà indiqué que l'évolution larvaire de la Pyrale varie très peu d'une année à l'autre, en un même lieu, dans des cultures de cycles et de dates de semis comparables, telles que les cultures-types abritant à Manduel la 1re et la 2e générations d'*O. nubilalis*. Le climat, la nature du sol et son relief sont susceptibles d'agir soit directement sur l'Insecte, soit indirectement par l'intermédiaire de la plante-hôte, dont ils favorisent ou affectent la végétation. Toutefois, il ne semble pas que, dans l'ensemble, l'évolution larvaire de la Pyrale varie en fonction des caractères géographiques dominant dans nos régions d'étude, ainsi que l'indiquent les relevés suivants :

Dates d'examen	Sites des cultures	Variétés de Maïs	Dates de semis	Pourcentages des stades larvaires de pyrales récoltées				
				L I	II	III	IV	V
22/7/58 ...	Montdragon	U 28	6 mai			4 %	45 %	51 %
16/7/58 ...	Montfavet	U 28	Début mai		2 %	20 %	40 %	38 %
19/9/58 ...	Montfavet	U 28	Début juin			5 %	22 %	73 %
19/9/58 ...	Manduel	U 28	24 mai			6 %	24 %	70 %
23/9/58 ...	Manduel	U 26	10-20 juin			2 %	24 %	74 %
25/9/58 ...	Puechredon	W 355	11 juin			2 %	27 %	71 %

2° Influence de la date de semis du Maïs.

Le problème de l'influence de la hauteur du Maïs sur la ponte de la Pyrale de 1re génération a déjà été examiné dans un précédent chapitre. Or, chez des hybrides de même précocité, la hauteur du Maïs à l'époque de la ponte est elle-même fonction de la date de semis. Les Maïs semés en mai échappent à la contamination par la Pyrale pendant tout le début de la période de ponte des papillons printaniers. Il en résulte qu'à une date donnée, le niveau d'évolution de la population larvaire de 1re géné-

(1) Nous entendons ici par « niveau d'évolution » la répartition des pourcentages des différents stades évolutifs rencontrés dans une population donnée.

ration est d'autant plus jeune que le Maïs a été semé plus tardivement. Quelques exemples mettent ce fait en évidence :

Dates d'examen	Sites des cultures	Variétés de Maïs	Dates de semis	Pourcentages des stades larvaires et des nymphes de pyrales récoltées						
				L I	II	III	IV	V	N	N-écl.
19/7/57	Manduel	I 4 417	Début avril			7 %	13 %	55 %	25 %	
22/7/57	Mondragon	U 28	6 mai			4 %	45 %	51 %		
18/7/57	Mondragon	U 28	15 mai		6 %	27 %	42 %	25 %		
28/7/59	Manduel	I 4 565	15 avril				2 %	39 %	50 %	9 %
27/7/59	Manduel	I 4 565	8 mai				6 %	56 %	38 %	
29/7/58	Manduel	U 28	Début avril					32 %	54 %	14 %
29/7/58	Manduel	U 28	24 mai				14 %	38 %	48 %	
31/7/57	Manduel	I 4 417	Début avril				6 %	25 %	49 %	20 %
30/7/57	Montfavet	U 28	Début mai				7 %	48 %	45 %	

La grande majorité des Maïs de 1re et 2e cultures (Maïs semés en avril, mai et début juin), atteignent une hauteur favorable à la ponte de la 2e génération de la Pyrale, dès le début de celle-ci. Mais chez ces différents Maïs contaminés à la même époque, la vitesse de développement des larves est d'autant plus lente que le Maïs est plus âgé, moins vigoureux ; à une date donnée, la population des cultures semées en avril et qui sont en voie de dessèchement, apparaît moins évoluée que la population des Maïs semés en mai.

Dates d'examen	Sites des cultures	Variétés de Maïs	Dates de semis	Pourcentages des stades larvaires de pyrales récoltées				
				L I	II	III	IV	V
23/9/58	Manduel	I. 4417	17 avril			3 %	43 %	54 %
23/9/58	Manduel	U 28	23 mai				15 %	85 %

Les cultures dites « tardives », semées en juin et juillet, abritent également une population larvaire moins évoluée que les cultures semées en mai : soit parce qu'elles demeurent fraîches plus tard en saison et sont ainsi plus réceptives à la fin de la ponte de 2e génération, soit parce qu'elles échappent au début de cette ponte en raison de leur trop faible hauteur (cas de quelques semis très tardifs de fin juin et début juillet).

Dates d'examen	Sites des cultures	Variétés de Maïs	Dates de semis	Pourcentages des stades larvaires de pyrales récoltées				
				L I	II	III	IV	V
18/9/58.....	Montfavet	U 28	15 mai				6 %	94 %
19/9/58.....	Montfavet	U 28	Fin juin			2 %	23 %	75 %
25/9/58.....	Puechredon	U 26	24 mai				18 %	82 %
25/9/58.....	Puechredon	W 355	11 juin			2 %	27 %	71 %

3° Influence de la variété de Maïs.

Lorsque deux hybrides de cycles différents sont semés à la même date et subissent l'attaque de la 1re génération d'*O. nubilalis*, la population infestant le plus précoce présente le niveau d'évolution le plus avancé, à une date donnée, en particulier s'il y a compétition pour la ponte de la Pyrale entre deux cultures voisines : l'hybride à cycle court est plus réceptif aux premières pontes en raison de la hauteur plus grande de ses plants ; l'hybride à cycle long est plus réceptif aux dernières pontes en raison de sa fraîcheur plus durable.

Dates d'examen	Sites des cultures	Variétés de Maïs	Dates de semis	Pourcentages des stades larvaires et des nymphes de pyrales récoltées						
				L I	II	III	IV	V	N	N écl
21/7/59.....	Manduel	U 26	21 avril					55 %	40 %	5 %
21/7/59.....	Manduel	I. 4565	13 avril				4 %	68 %	27 %	1 %
30/7/59.....	Manduel	U 26	21 avril					8 %	62 %	30 %
30/7/59.....	Manduel	I. 4531	20 avril					50 %	42 %	8 %

4° Influence de l'irrigation.

Lorsqu'un champ de Maïs comprend des zones abondamment irriguées et des zones privées d'eau, le niveau d'évolution de la population appartenant au Maïs bien irrigué présente un léger retard par rapport au Maïs mal irrigué. Il semble que ce retard résulte ici de deux influences contradictoires. D'une part le Maïs bien irrigué demeure réceptif à la ponte plus tard en saison et peut-être assure-t-il mieux la survie des jeunes larves sur ses organes riches en eau, ce qui contribue à retarder le vieillissement de sa population (1). D'autre part, les chenilles de Pyrale s'y développent plus rapidement que sur le Maïs mal irrigué, ce qui au contraire, contribue à accélérer le vieillissement de cette même population.

5° Influence de la vigueur des plants de Maïs.

Les plantes en surnombre, dues au tallage ou à un éclaircissage défectueux dans une culture de Maïs, apparaissent plus chétives que les plantes normales. Elles sont également attaquées par la Pyrale, mais le développement des larves est ralenti sur ces pieds déficients, ce qui a pour effet de retarder le niveau d'évolution de la population infestante.

(1) Nous entendons ici par « vieillissement de la population », l'augmentation du pourcentage des stades les plus âgés par rapport aux stades les plus jeunes.

Dates d'examen	Sites des cultures	Variétés de Maïs	Dates de semis	Vigueur des plantes	Pourcentages des stades larvaires des pyrales récoltées				
					I	II	III	IV	V
18/8/59	Manduel	U 26	1-10 juin	Normale	21 %	21 %	11 %	21 %	26 %
18/8/59	Manduel	U 26	1-10 juin	Faible	37 %	19 %	22 %	15 %	7 %

*En résumé, il semble que l'influence du milieu sur l'évolution d'*O. nubilalis *s'exerce principalement par l'intermédiaire de la plante-hôte, en agissant en particulier sur les stades de végétation présentés par le Maïs à l'époque de l'installation des larves et au cours du développement de celles-ci.*

IV. — ÉTUDE DES LOCALISATIONS D'*O. nubilalis* DANS LES PLANTS DE MAÏS

Tous les organes du plant de Maïs sont susceptibles d'abriter et de nourrir les chenilles d'*O. nubilalis* ; mais la localisation des larves varie en fonction de leur stade et en fonction du stade végétatif des plantes-hôtes. D'un intérêt écologique certain, l'étude des localisations et de leur succession doit permettre, en outre, d'estimer avec exactitude les dommages économiques occasionnés par la Pyrale, et d'améliorer les modalités de la lutte à diriger contre ce ravageur endophyte.

1° Stades végétatifs du Maïs.

Il nous a paru nécessaire de rappeler ici les principaux stades phénologiques du Maïs, afin de mieux comprendre le comportement de la Pyrale sur sa plante-hôte. La classification présentée ci-dessous (tableau V) a été établie par P. Anglade, G. Guennelon et X. Lascols : elle se rapporte à toute la période évolutive de la plante, depuis le semis jusqu'à la récolte, et peut être utilisée à des fins entomologiques ou plus générales. En raison du comportement particulier des chenilles d'*O. nubilalis*, qui passent souvent une importante partie de leur existence dans le cornet du Maïs, nous devons toutefois préciser que les feuilles supérieures de la plante sont enroulées en cornet pendant presque toute la « phase de croissance de la tige », jusqu'au dégagement complet de la panicule.

Afin de classer les diverses localisations d'*O. nubilalis* dans les plants de l'hybride Marcross C 6-13 cultivé au Connecticut, Batchelder (1949) a distingué et décrit douze stades successifs de croissance, d'après l'aspect du cornet (*pre, early, mid, latewhorl*), de l'inflorescence mâle (*early, mid, late-green-tassel*), des soies de l'épi (*early, mid, late-silk*) et des grains de l'épi (*roasting ear, mature*). Cette classification est plus détaillée que celle

TABLEAU V

Stades et phases de croissance et de développement du Maïs (classification de P. ANGLADE, G. GUENNELON et X. LASCOLS ; avril 1959).

Phases	Stades principaux	Stades secondaires
Germination	Semis	
	Levée	
Phase végétative	Début de la montée (Hauteur de la tige supérieure à 1 cm)	
		Apparition de la panicule hors du cornet
Croissance de la tige		Dégagement complet de la panicule
		Floraison mâle (sortie des anthères)
	Floraison femelle (apparition des soies)	
		Dessèchement total des soies
Développement du grain		Stade laiteux
		Stade pâteux
	Maturité physiologique (Dessèchement total des spathes)	
Dessèchement du grain		Dessèchement total des feuilles
	Récolte	

Nota : Dans le cas de notations parcellaires, les différents stades sont notés lorsqu'ils sont réalisés chez 50 % des plantes.

que nous avons adoptée. Mais malgré les différences de nomenclature, une correspondance peut être établie entre nos stades de croissance et certains des stades retenus par BATCHELDER :

Apparition de la panicule hors du cornet = *Early green tassel*
Dégagement complet de la panicule = *Late green tassel*
Apparition des soies = *Early silk*
Dessèchement total des soies = *Late silk*
Stade laiteux = *Roasting ear*

2° Localisations et mode d'attaque d'*O. nubilalis* dans les divers organes du Maïs.

La Pyrale attaque tous les organes aériens du plant de Maïs : les racines ne sont jamais infestées, bien que les galeries situées à la base des tiges descendent parfois jusqu'au collet.

Le feuillage porte différentes marques de morsures. Les chenilles nouveau-nées décapent de très petites plages de limbe dont elles respectent l'épiderme de la face opposée ; ces plages blanchâtres sont souvent groupées sur un même limbe, dans le voisinage d'une ponte où

les larves demeurent quelque temps après leur éclosion. Les chenilles installées dans les cornets transpercent les épaisseurs de feuilles superposées en effectuant des trous de dimensions variables suivant leur âge : depuis les trous d'épingle imperceptibles des larves nouveau-nées jusqu'aux morsures larges et irrégulières des chenilles âgées. Lorsque les feuilles enroulées se déploient, elles apparaissent ainsi perforées de dentelles régulières, qui s'agrandissent puis se brisent au cours de la croissance des limbes. Ces dentelles ne peuvent être distinguées de celles qu'effectuent les jeunes larves de Sésamies.

Les feuilles déroulées sont attaquées par la Pyrale, à la partie interne de leur gaine, où les chenilles s'abritent avant de rentrer dans les tiges. Elles pénètrent parfois dans la nervure principale de la feuille, au-dessus de la ligule, et creusent un début de galerie.

La tige du Maïs peut subir également les morsures superficielles des chenilles abritées sous les gaines foliaires. Puis les larves pénètrent dans les tiges et creusent des galeries dans les internœuds, plus ou moins longues et profondes, affectant la région médullaire. La tige peut être minée à tous ses niveaux.

Dès que *l'inflorescence mâle* a atteint un certain développement, des chenilles d'*O. nubilalis* installées dans le cornet foliaire pénètrent dans l'axe de la panicule qu'elles minent, ou dans les fleurs mâles dont elles dévorent le pollen, jusqu'à la déhiscence des anthères.

Tous les organes de *l'épi* sont attaqués par la Pyrale. Des chenilles s'abritent entre les spathes superposés qu'elles transpercent de la même manière que les limbes du cornet foliaire. Celles qui s'introduisent dans l'épi à son sommet, s'alimentent des soies, puis dévorent les grains à tous les niveaux, creusant des excavations dans les grains pâteux, affectant superficiellement les grains secs. Des galeries parcourent le pédoncule et la rafle. En outre, des chenilles d'*O. nubilalis* sont fréquemment observées dans les épis avortés, dont les tissus demeurent longtemps humides et tendres.

Nous avons groupé les diverses localisations qui ont été notées en détail dans les relevés en cinq catégories principales, choisies d'une part en raison de leur fréquence, d'autre part en raison des buts pratiques que nous poursuivions. Il s'agit des localisations sur le feuillage (A), dans les fleurs mâles (B), sous les gaines foliaires (C), dans les tiges (D) et les épis (E) (fig. 11).

Toutes les localisations décrites peuvent appartenir aux chenilles de tous les stades, sauf les galeries de tige, de pédoncule ou de rafle dans l'épi, qui abritent seulement les larves des 4^{e} et 5^{e} stades, parfois celles du 3^{e} stade. Les chenilles des 1er et 2^{e} stades, et la plupart de celles du 3^{e} stade, n'effectuent que des morsures superficielles sur les tiges.

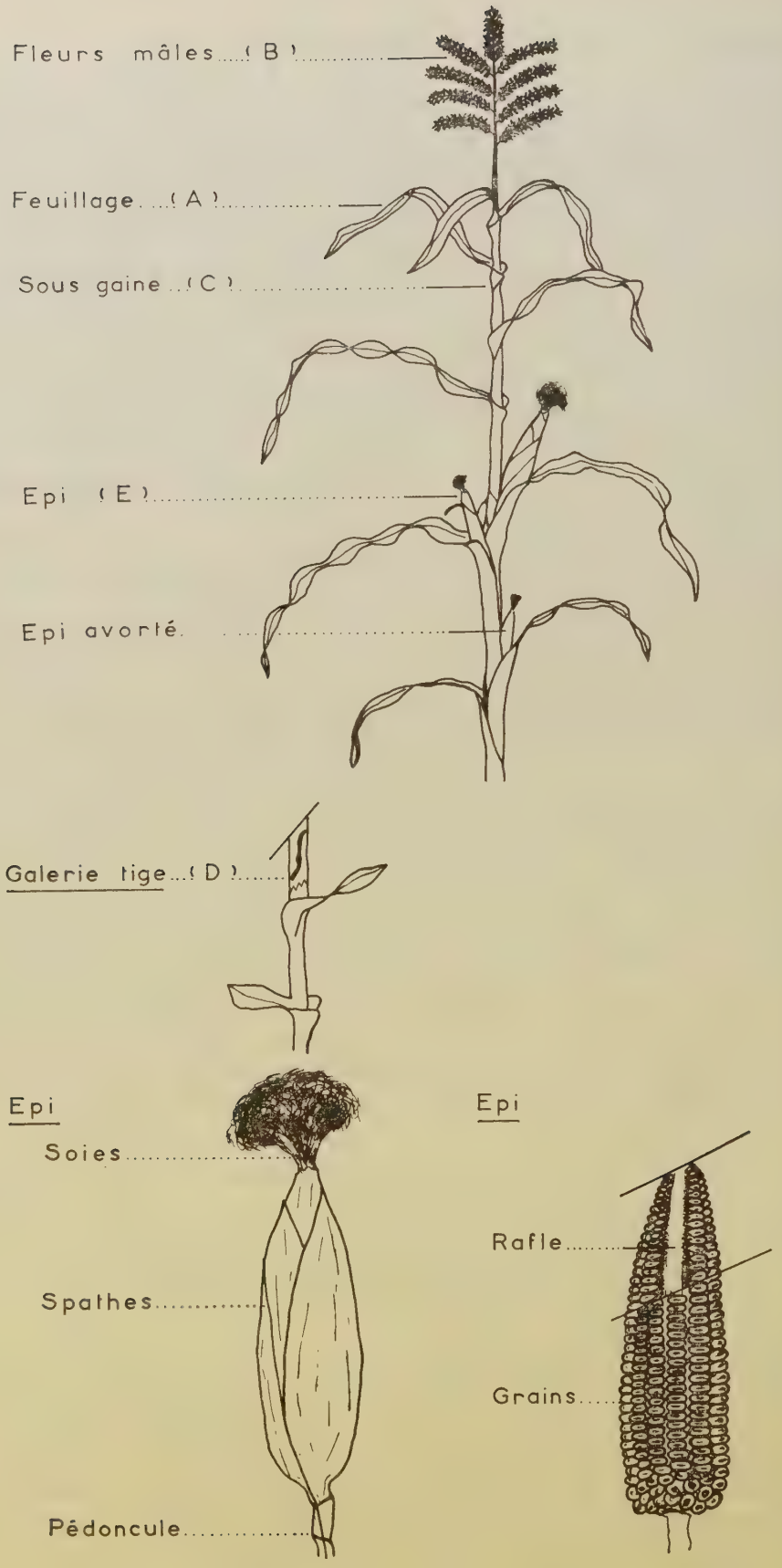


FIG. 11. — Principales localisations des larves d'*O. nubilalis* dans les plants de Maïs.

3° Succession des localisations en fonction de la croissance de la plante et du développement de l'Insecte.

Les localisations des larves d'*O. nubilalis* sur des plants de Maïs infestés ont été décrites dans de nombreuses publications ; mais peu d'auteurs ont cherché à relier la croissance de la plante-hôte et les migrations des chenilles d'une localisation vers une autre. Nous ne reprendrons pas ici, à ce propos, l'analyse des travaux de VINALS (1919), CAFFREY et WORTLEY (1927), HUBER, NEISWANDER et SALTER (1928), BEARD et TURNER (1942). BATCHELDER expose l'essentiel de ces études dans son important mémoire (1949), avant d'examiner en détail la distribution des différents stades de la Pyrale dans les organes de l'hybride Marcross C 6-13, au cours de sa croissance. Plus récemment, CHIANG et HODSON (1953) décrivent trois types de dégâts observés sur le feuillage de Maïs (*pin-hole, shot hole, large feeding hole*), et résultant de l'alimentation des larves de différents âges sur des plants de différents stades de croissance. En conclusion de leurs essais expérimentaux, ces auteurs suggèrent d'établir des « niveaux critiques » de dégâts sur feuilles afin de déterminer l'opportunité de traitements insecticides.

C'est dans le but d'apporter quelques précisions sur ce problème, que nous avons examiné les changements de localisations des chenilles de Pyrale, en fonction de leur âge et de celui de la plante.

La chenille d'*O. nubilalis* s'abrite rapidement après son éclosion ; en effet, peu de larves nouveau-nées sont récoltées sur les parties externes du plant de Maïs, où peu de traces marquent leur passage. Des chenilles âgées sont parfois observées, cheminant le long de la tige : il s'agit de larves migrantes, qui disparaissent rapidement dans un nouvel abri.

La jeune larve s'installe dans un organe du plant de Maïs, qui la protège et la nourrit ; si cet organe convient à ses exigences, elle survit et demeure dans cette localisation. Mais, par suite de la croissance de la plante, l'organe-abri peut disparaître, ou ne plus convenir à la larve ayant évolué ; ou bien de nouveaux organes sont apparus sur la plante, plus attractifs pour la chenille plus âgée. Réagissant à un complexe d'influences, elle migre vers d'autres abris. La survie de la larve depuis l'éclosion jusqu'à la nymphose dépend essentiellement de ses localisations, et des migrations qu'elle effectue.

Le problème écologique de la succession des localisations d'*O. nubilalis* dans les plants de Maïs, a été examiné particulièrement dans les cultures-types qui ont permis de préciser l'évolution biologique de la Pyrale. Au cours des dissections périodiques de pieds de Maïs infestés, nous avons noté avec minutie la situation de chaque larve récoltée. Les localisations ont été groupées, et la répartition des pourcentages correspondant à chacune d'elles, pour chaque date d'examen, a été représentée

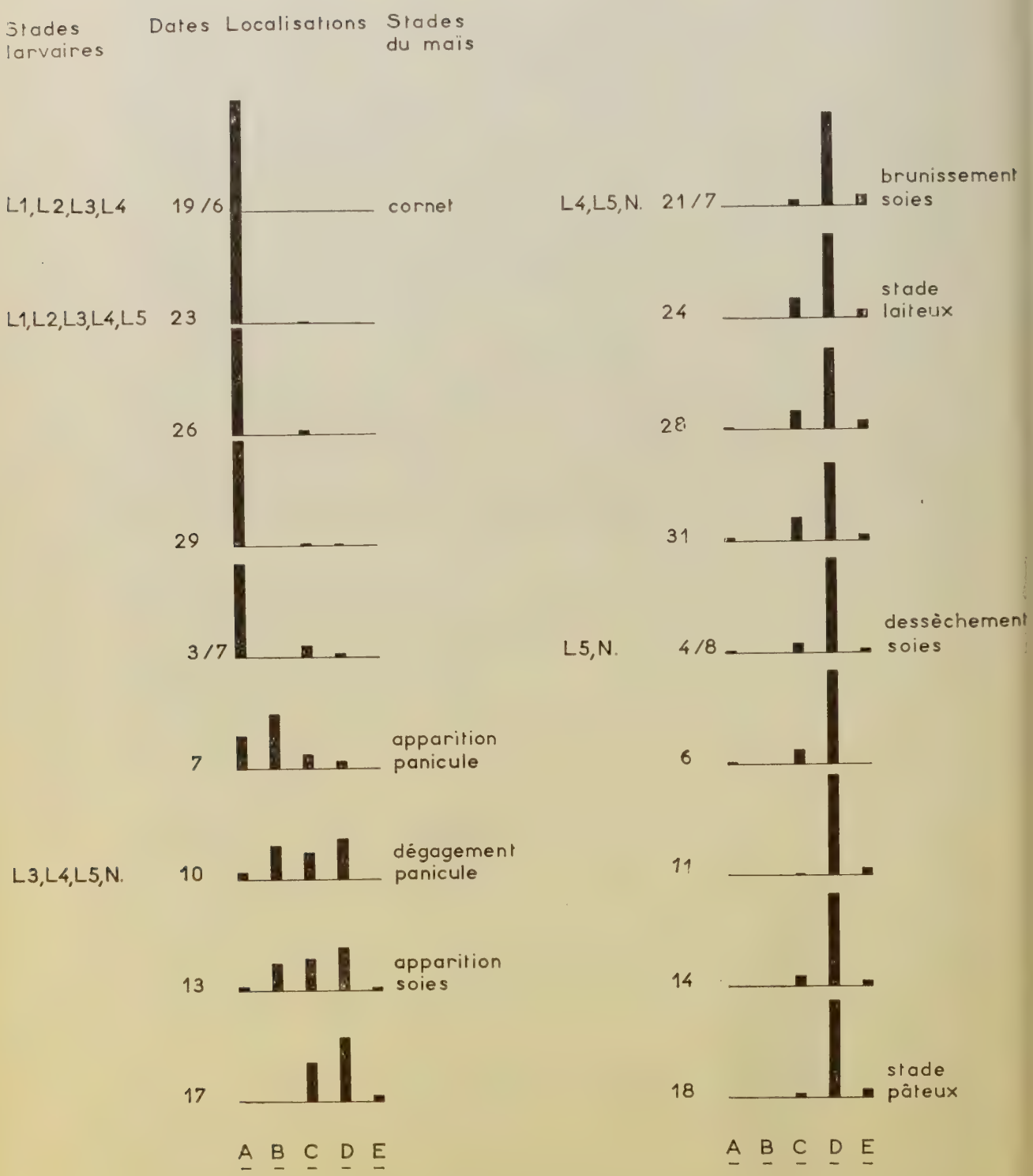


FIG. 12. — Succession des localisations d'*O. nubilalis*, dans une culture d'Iowa 4565 semé le 15 avril 1959 ; 1re génération, Manduel.

sur un graphique, sur lequel nous avons indiqué les stades végétatifs correspondants du Maïs. Les relevés effectués en 1958 sont très proches de ceux de 1959 pour des cultures-types analogues. Afin d'alléger le texte, nous ne détaillons ici que l'étude faite en 1959.

a) *Localisations des larves de* 1re *génération dans un hybride tardif de* 1re *culture* : Iowa 4565, semé le 15 avril 1959 (fig. 12).

Ce Maïs atteignait à peine 30 centimètres de hauteur moyenne au début de la ponte en fin mai ; la majorité des pontes ont été déposées avant le dégagement complet de la panicule (stade noté le 10 juillet) sur des pieds jeunes, terminés par un cornet foliaire.

Fig. 13. — Répartition générale des localisations relatives aux différents stades larvaires et aux nymphes, dans une culture d'Iowa 4565 semé le 15 avril 1959 ; 1re génération, Manduel.

La succession des localisations apparaît très caractéristique dans un tel cas : les larves s'abritent dès leur éclosion dans le cornet foliaire, où certaines d'entre elles accomplissent presque toute leur évolution. Mais des chenilles de tous âges pénètrent dans les fleurs mâles à mesure que les feuilles terminales se déroulent et que la panicule se développe. Avant la déhiscence des anthères, elles migrent sous les gaines des feuilles en descendant le long de la tige ou en se laissant tomber à l'extrémité d'un fil de soie qu'elles sécrètent. Les unes demeurent jusqu'à la nymphose sous les gaines, mais la plupart des chenilles âgées (du 4e et surtout du

5e stade) pénètrent dans la tige, où les localisations dominent nettement après l'époque de la floraison femelle (13 juillet). Très peu de chenilles attaquent les épis (4e et 5e stades), et la grande majorité des larves âgées se nymphose dans les galeries des tiges.

Les localisations sur feuillage notées en fin juillet et début août correspondent à quelques larves minant la nervure principale et à quelques nymphes situées dans les replis de feuilles.

Un second graphique met en évidence les localisations dominantes relevées pour chacun des stades larvaires et pour les nymphes (fig. 13).

Chez l'hybride I. 4417 semé le 15 avril en 1958, nous avons assisté à la même succession des phénomènes, et nous avons constaté les mêmes dominances de localisations. Toutefois, le passage des chenilles d'*O. nubilalis*, du feuillage aux fleurs mâles et des fleurs mâles aux autres abris, s'est effectué quelques jours plus tôt, en raison de la croissance plus rapide du Maïs, hybride un peu moins tardif que Iowa 4565 cultivé en 1959.

b) *Localisations des larves de 2e génération, dans un Maïs tardif de 1re culture* : Iowa 4565, semé le 15 avril 1959 (fig. 14).

La majorité des pontes ont été déposées sur des pieds de Maïs complètement développés, au feuillage en partie lignifié, aux épis en voie de maturation : au début de la ponte, les grains avaient atteint le stade laiteux.

Dans de tels Maïs, les larves n'ont pas la possibilité de s'abriter dans le cornet ou dans les fleurs mâles ; elles utilisent les seuls refuges disponibles : gaines, tiges, épis. Le graphique met ici en évidence, d'une part le passage progressif des gaines aux tiges, à mesure que les gaines se dessèchent, et que les larves vieillissent, et d'autre part, la localisation dominante sur les épis, en particulier dès le début de la contamination : il semble qu'une préférence joue chez les jeunes larves en faveur des épis, sans doute en raison de la fraîcheur de leurs tissus. En fin de saison, les localisations dans les tiges deviennent toutefois plus nombreuses, à cause de déplacements des chenilles âgées à partir d'épis mûrs, à grains desséchés, vers les grosses tiges à la moelle encore turgescente.

Dans ces Maïs âgés, les galeries de tiges creusées par les chenilles de 2e génération sont rarement situées à la partie supérieure du pied de Maïs, qui se dessèche rapidement en raison de son faible diamètre.

c) *Localisations des larves de 2e génération dans un Maïs demi-précoce de 2e culture* : United 26, semé au début de juin 1959 (fig. 15).

Comme dans la 1re culture-type étudiée, les pyrales ont commencé à pondre sur des pieds en phase de croissance végétative, au stade de cornet foliaire. Le graphique relatif à cette culture ne représente pas

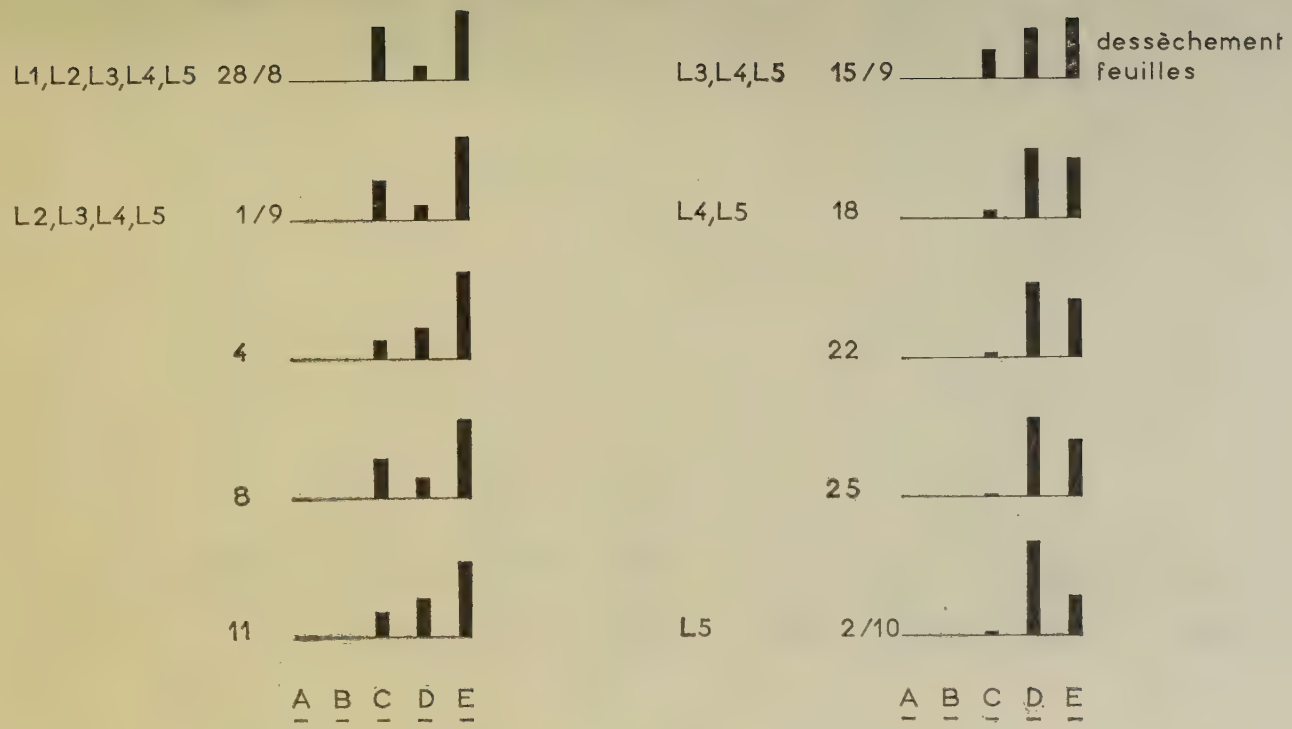


FIG. 14. — Succession des localisations d'*O. nubilalis*,
dans une culture d'Iowa 4565 semé le 15 avril 1959 ; 2e génération, Manduel.

FIG. 15. — Succession des localisations d'*O. nubilalis*, dans une culture d'United 26 semé du 1er au 10 juin 1959 ; 2e génération, Manduel.

les localisations de la Pyrale pendant la 1re moitié du mois d'août, parce que les pieds attaqués à cette époque étaient trop disséminés pour permettre un assez grand nombre de relevés. Mais la succession des localisations est tout à fait comparable en cette période à celle qui a été suivie chez l'hybride I. 4565 au début de l'attaque par la 1re génération : les jeunes larves s'installent dans le cornet, puis dans les fleurs mâles.

Cependant, l'hybride U. 26 est plus évolué que I. 4565 au début de la ponte, en raison de la date de semis relativement plus précoce par rapport à la génération de l'Insecte, du cycle plus court de l'hybride, et des conditions météorologiques plus favorables à son développement ; sa hauteur moyenne atteint 90 centimètres le 24 juillet. Ce décalage végétatif explique les différences observées dans la répartition et la succession des localisations à partir de la floraison femelle, située vers le 11 août : alors que la ponte et les éclosions de larves sont presque terminées à la floraison femelle du Maïs de 1re culture (13 juillet) de nombreuses chenilles éclosent encore sur l'hybride U. 26 après ce stade. A partir de la mi-août, toutes les larves nouveau-nées portées par ce Maïs se réfugient sous les gaines et sur les épis. Les larves plus âgées, ayant commencé leur évolution dans le cornet, dans les fleurs mâles ou sous les gaines, migrent peu à peu dans les tiges et dans les épis, en particulier dans ces derniers organes après qu'ils ont atteint le stade laiteux.

Dans cette deuxième période, la succession des localisations dans cette culture est donc comparable à la succession qui est observée dans le Maïs de 1re culture infesté par la 2e génération.

Les épis mûrissant tard en saison en raison des conditions météorologiques de fin d'été, abritent longtemps les larves de Pyrale qui s'y sont installées. Toutefois, au début de l'automne, dès que les grains durcissent, les chenilles migrent des épis vers les tiges, ainsi que nous l'avons déjà indiqué pour le Maïs de 1re culture.

En résumé, les différences relevées dans l'examen des deux cultures-types considérées pendant le développement des deux générations de l'Insecte, mettent en évidence l'influence primordiale du stade végétatif du Maïs à l'époque de la ponte de la Pyrale sur la succession des localisations larvaires. Il est bien évident que, de plus, tous les facteurs agissant sur la croissance de la plante et sur le développement de l'Insecte après son installation sur le Maïs, sont susceptibles d'influencer cette succession (conditions météorologiques, longueur du cycle, irrigation...).

Les changements successifs des localisations ayant été bien précisés pour des cas classiques de cultures de Maïs, il semble possible de pouvoir déterminer à l'avance le déroulement d'une infestation dans toute culture dont on pourra prévoir approximativement l'évolution des stades végétatifs au cours de la saison.

V. — PARASITISME

Deux insectes parasites contribuent à la réduction des populations d'*O. nubilalis* dans la Basse Vallée du Rhône : il s'agit d'un Diptère de la famille des Tachinidae, *Lydella grisescens* R. D., et d'un Hyménoptère Ichneumonidae, *Horogenes punctoria* ROMAN (1). Tous deux se développent aux dépens de la chenille de Pyrale. Le taux du parasitisme par *L. grisescens* s'est maintenu entre 15 p. 100 et 25 p. 100 au cours des quatre dernières années, pour chacune des générations successives. Beaucoup plus faible en 1956 et 1957, le taux du parasitisme par *H. punctoria* s'est accru progressivement jusqu'au chiffre de 8 p. 100 en 1959 (fig. 16 et 17).

Sous le synonyme de *Lydella* (ou *Masicera*) *senilis*, la Tachinaire a été signalée en France et en Russie par PARKER, VANCE, SMITH et GAMKRELIDZE, qui ont effectué l'inventaire des principaux parasites de la Pyrale rencontrés en Europe, de 1926 à 1928. Des lâchers de mouches importées d'Europe et du Japon ont été entrepris au Massachusetts à partir de 1920, puis dans différents États. Mais BAKER, BRADLEY et CLARK (1949), qui ont abordé l'étude biologique de l'Insecte, notent l'insuffisante efficacité du parasite dans la plupart des cas. Toutefois, d'après PETERSON (1955), son rôle serait plus utile dans les zones possédant deux générations de Pyrale, telles l'Ile de Guam où la Tachinaire s'est développée avec succès de 1930 à 1936.

Espèce ovovivipare, *L. grisescens* dépose ses larves nouveau-nées à l'ouverture de la galerie creusée par l'hôte, dans la sciure et les excréments. Les asticots cheminent dans la galerie jusqu'à ce qu'ils atteignent la chenille de Pyrale, dans laquelle ils pénètrent et se fixent sur un tronc trachéen. A son complet développement, la larve de Tachinaire sort de la dépouille de Pyrale, et se pupifie à proximité. Toutes les pupes que nous récoltons chaque année se trouvent à côté de dépouilles du 5e stade. Plusieurs asticots peuvent pénétrer dans la même chenille, mais un seul parvient à évoluer jusqu'à la pupaison, sauf dans 10 p. 100 environ des pyrales parasitées, qui donnent naissance à deux pupes de petite taille.

Il semble, à première vue, que le cycle de *L. grisescens* coïncide avec celui d'*O. nubilalis*. La Tachinaire possède en effet deux générations successives, les asticots se développant respectivement dans chacune des deux générations de chenilles de Pyrale. Elle hiverne à l'état de larve du 2e stade dans le corps de son hôte.

Cependant, le problème de la corrélation des cycles de l'hôte et du parasite apparaît plus complexe : plusieurs faits observés méritent une comparaison plus approfondie de la biologie des deux insectes.

(1) Nous remercions vivement Monsieur G. AUBER, qui a déterminé nos spécimens d'*Horogenes punctoria* ROMAN.

FIG. 16. — Adulte de *Lydella grisescens* RD. (Tachinidae) parasite d'*O. nubilalis*.

FIG. 17. — Adulte de *Horogenes punctoria* ROMAN (Icheumonidae) parasite d'*O. nubilalis*.

— Bien que les deux périodes importantes de nymphose de *L. grisescens* soient bien marquées, l'une en juillet-août et l'autre au printemps suivant, ce qui coïncide avec la pupaison des deux générations de Pyrale, un petit nombre de nymphoses de cette Tachinaire peut aussi être observé dans une période intermédiaire en septembre, dans des cultures attaquées par la 2e génération de Pyrale.

— Un décalage important, atteignant presque deux mois, sépare au printemps l'éclosion des premières mouches de l'apparition des premières larves de Pyrale susceptibles d'être attaquées par le parasite.

L'examen de la biologie de *L. grisescens* et des relations existant entre l'hôte et le parasite, sont actuellement en cours d'étude, et feront l'objet d'un mémoire ultérieur.

VI. — IMPORTANCE ÉCONOMIQUE D'*O. nubilalis*

1° Nature des dégâts.

La Pyrale est essentiellement nuisible à l'état larvaire : la chenille creuse des galeries-abris dans les différents organes du pied de Maïs, s'alimente aux dépens des tissus végétaux, et souille la plante de ses déjections pendant tout son développement.

Ainsi que Chiang et Hodson (1950), nous classons ces dégâts en quatre catégories, suivant leur type de nocivité économique.

a) Par son comportement de mineuse et par son alimentation, la Pyrale affaiblit la plante, en entravant le courant de sève et en lésant tous les organes végétatifs. Cette atteinte à la vigueur du Maïs provoque une baisse de production, difficile à évaluer, comme nous le verrons plus loin.

b) En dévorant les grains des épis, elle contribue directement à la diminution du rendement.

c) Par les galeries creusées dans les tiges et les pédoncules des épis, elle provoque la cassure des tiges et la chute des épis. Ce type de dégât apparaît particulièrement grave dans notre région, où les vents violents le favorisent en septembre (mistral et vent du sud à l'équinoxe). Les épis tombés à terre ou situés sur les tiges brisées ne peuvent pas être récoltés au corn-picker dans les grandes exploitations : la main d'œuvre humaine doit remplacer ou compléter le travail de la machine, ce qui augmente le prix de revient de la culture.

d) Les galeries des larves, la sciure et les excréments laissés sur leur passage, favorisent l'introduction et le développement de maladies qui nuisent à la qualité de la production. Les épis présentent souvent des pourritures des grains, dues aux *Gibberella*, notamment à *G. zeae* dont les moisissures roses collent les spathes au sommet des rafles, et *G. fujikoroi*,

qui débute en un point quelconque, où elle ne peut être introduite qu'à la faveur d'une blessure mécanique ou de la pénétration d'un insecte phytophage (GAUDINEAU et MESSIAEN, 1954).

2° Étude de la nocivité de l'Insecte en fonction des localisations de ses chenilles.

L'examen des localisations des larves dans les pieds de Maïs met en évidence divers degrés de nocivité. Il est bien évident par exemple qu'une chenille qui troue les feuilles du cornet apparaît moins dangereuse qu'une autre du même stade qui dévore et souille les grains de l'épi. Par ailleurs, des larves de Pyrale passent la majeure partie de leur existence aux dépens d'organes annexes de la tige ou de l'épi, tandis que d'autres se développent complètement dans les grains du Maïs. C'est pourquoi nous avons groupé les diverses localisations observées en deux catégories, de par leur degré de nocivité.

— *Localisations généralement peu nuisibles* : celles du feuillage, des fleurs mâles et des gaines foliaires (localisations groupées en une série *a* dans les figures 18, 19, 20), ainsi que celles des épis avortés, des spathes et des soies des épis normaux (série *b*). Il faut toutefois préciser que l'expression « peu nuisible » peut ne pas convenir pour des taux d'infestation très élevés.

— *Localisations le plus souvent nuisibles* : les galeries de tiges (série *c*), ainsi que les galeries des pédoncules et rafles d'épis, les présences de chenilles dans ou sur les grains (série *d*).

Les notations relevées au cours des prélèvements et dissections de pieds de Maïs permettent de suivre l'évolution de la nocivité de la Pyrale, dans chacune des cultures-types attaquées en 1959 au domaine de Campuget :

a) *Évolution de la nocivité de la* 1re *génération d'*O. nubilalis, *dans une culture de l'hybride* I. 4565, *semé le* 15 *avril* 1959 (fig. 18).

Un tel cas apparaît particulièrement simple : le développement de la 1re génération se divise en deux longues périodes : la Pyrale est tout d'abord peu dangereuse, jusqu'à sa pénétration dans les tiges, c'est-à-dire jusqu'au dégagement complet de la panicule. Elle vit presque exclusivement aux dépens du feuillage et les localisations nuisibles ne se rencontrent qu'en nombre infime. Pendant la deuxième période, au contraire, la majorité des chenilles sont très nuisibles, mais elles n'affectent que les tiges ; les épis restent indemnes. Pendant toute cette période l'Insecte est d'autant plus dangereux que les larves deviennent plus âgées.

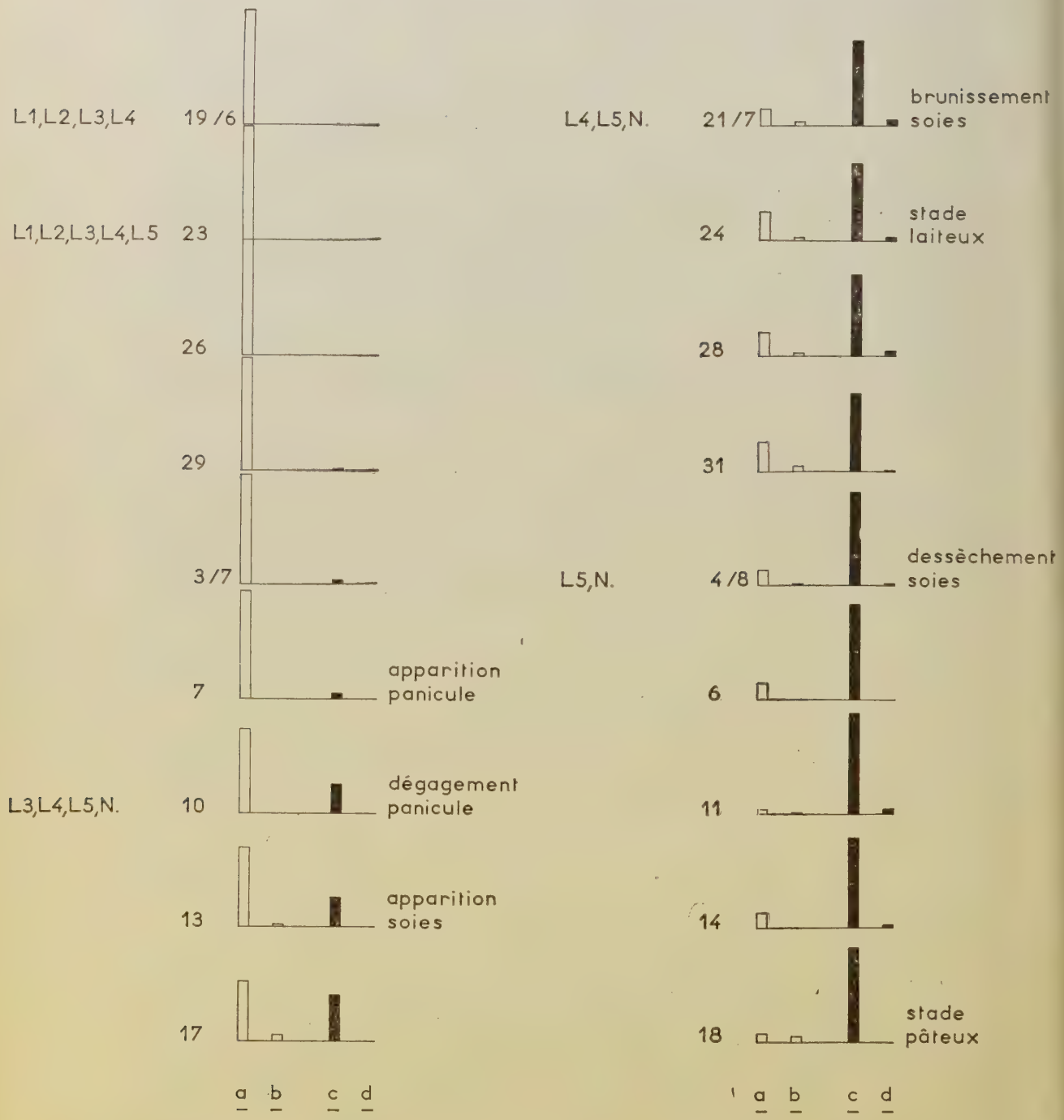


FIG. 18. — Évolution de la nocivité des localisations d'*O. nubilalis*, dans une culture d'Iowa 4565 semé le 15 avril 1959 ; 1re génération, Manduel. *a* : Localisations peu nuisibles sur feuillage et fleurs mâles. — *b* : Localisations peu nuisibles sur épis. — *c* : Localisations nuisibles sur tiges. — *d* : Localisations nuisibles sur épis.

b) *Évolution de la nocivité de la 2e génération d'*O. nubilalis *dans une culture de l'hybride I.* 4565 *semé le* 15 *avril* 1959 (fig. 19).

Les observations effectuées pendant le mois d'août n'ont pas donné lieu à des relevés précis de pourcentages, mais elles mettent en évidence une majorité de localisations peu nuisibles. Les jeunes larves se répartissent entre les gaines et les épis. Or, de telles localisations sur les épis ne doivent pas être considérées comme dangereuses : en effet, un grand nombre d'entre elles concernent les épis avortés, très riches en eau. En outre, étant donné le jeune âge de la plupart des larves en août, et le stade avancé des plants de Maïs, dont les épis parviennent à l'état pâteux vers le 18 août, les grains ne subissent que de faibles dommages.

Mais à mesure que les chenilles plus âgées creusent des galeries dans les tiges et les pédoncules, les deux catégories de nocivité s'équilibrent peu à peu. Puis les localisations nuisibles deviennent de plus en plus fréquentes.

Dans une telle culture, la Pyrale est nuisible en septembre par ses galeries dans les tiges et les pédoncules d'épis, qui s'ajoutent aux galeries de la 1re génération et intensifient la casse des tiges et la chute des épis. Dans l'ensemble elle affecte très peu les grains de Maïs, en raison de leur dureté.

c) *Évolution de la nocivité de la 2e génération d'*O. nubilalis *dans une culture de l'hybride U.* 26, *semé au début juin* 1959 (fig. 20).

La nocivité évolue également suivant trois étapes. Au cours de la première qui se situe en août la nocivité est faible : la Pyrale affectant surtout le feuillage et les fleurs mâles, les spathes et les soies des épis. Pendant une période de transition au début septembre, après le brunissement des soies, les quatre groupes de nocivité s'équilibrent. La troisième étape voit les localisations nuisibles dominer et devenir plus fréquentes sur les épis tout d'abord, sur les tiges par la suite.

Cette troisième période est comparable à celle qui a été suivie chez l'hybride I. 4565 attaqué par la 2e génération ; mais chez l'hybride U. 26, la plupart des pyrales nuisibles aux épis sont celles qui dévorent les grains de Maïs, tendres et humides. De nombreuses chenilles accomplissent tout leur développement dans les grains.

Dans une telle culture, comme dans les précédentes, la Pyrale provoque des cassures de tiges et des chutes d'épis. Mais elle est de plus, gravement nuisible aux grains de Maïs en les dévorant et en favorisant leur pourriture.

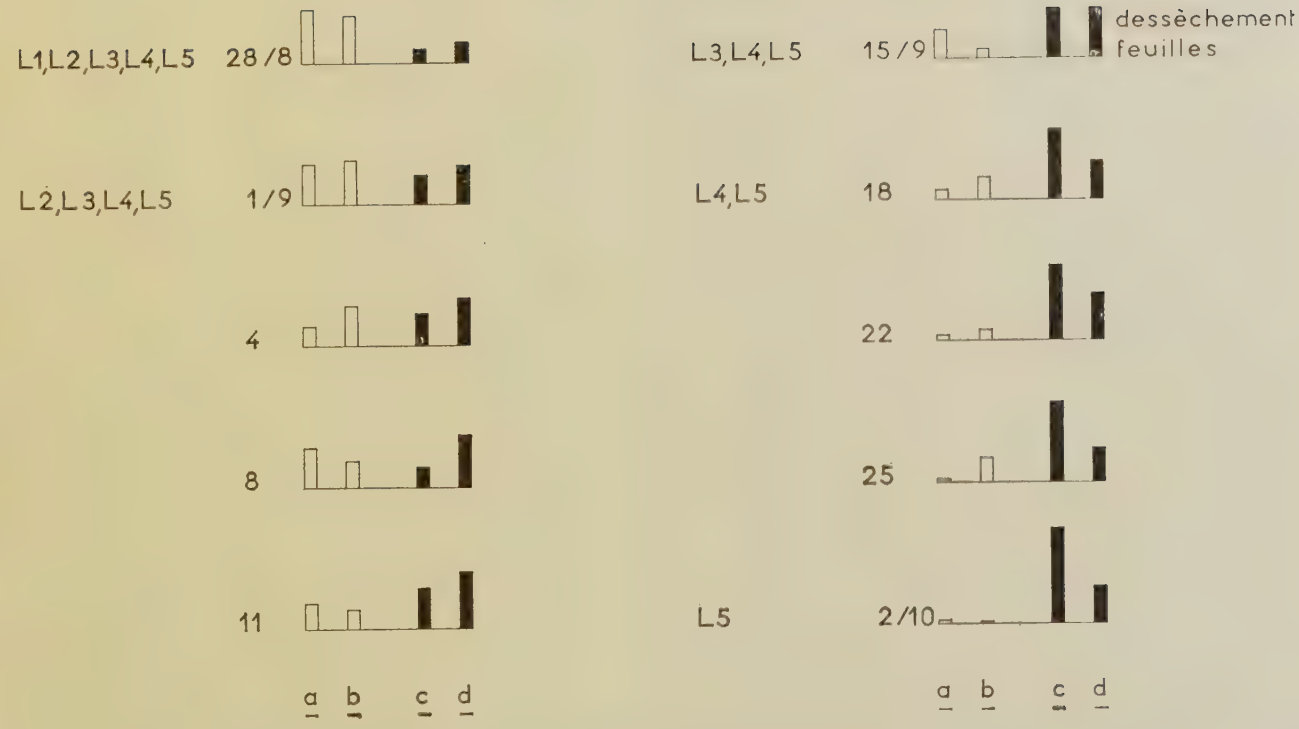


FIG. 19. — Évolution de la nocivité des localisations d'*O. nubilalis* dans une culture d'Iowa 4565 semé le 15 avril 1959 ; 2e génération, Manduel.

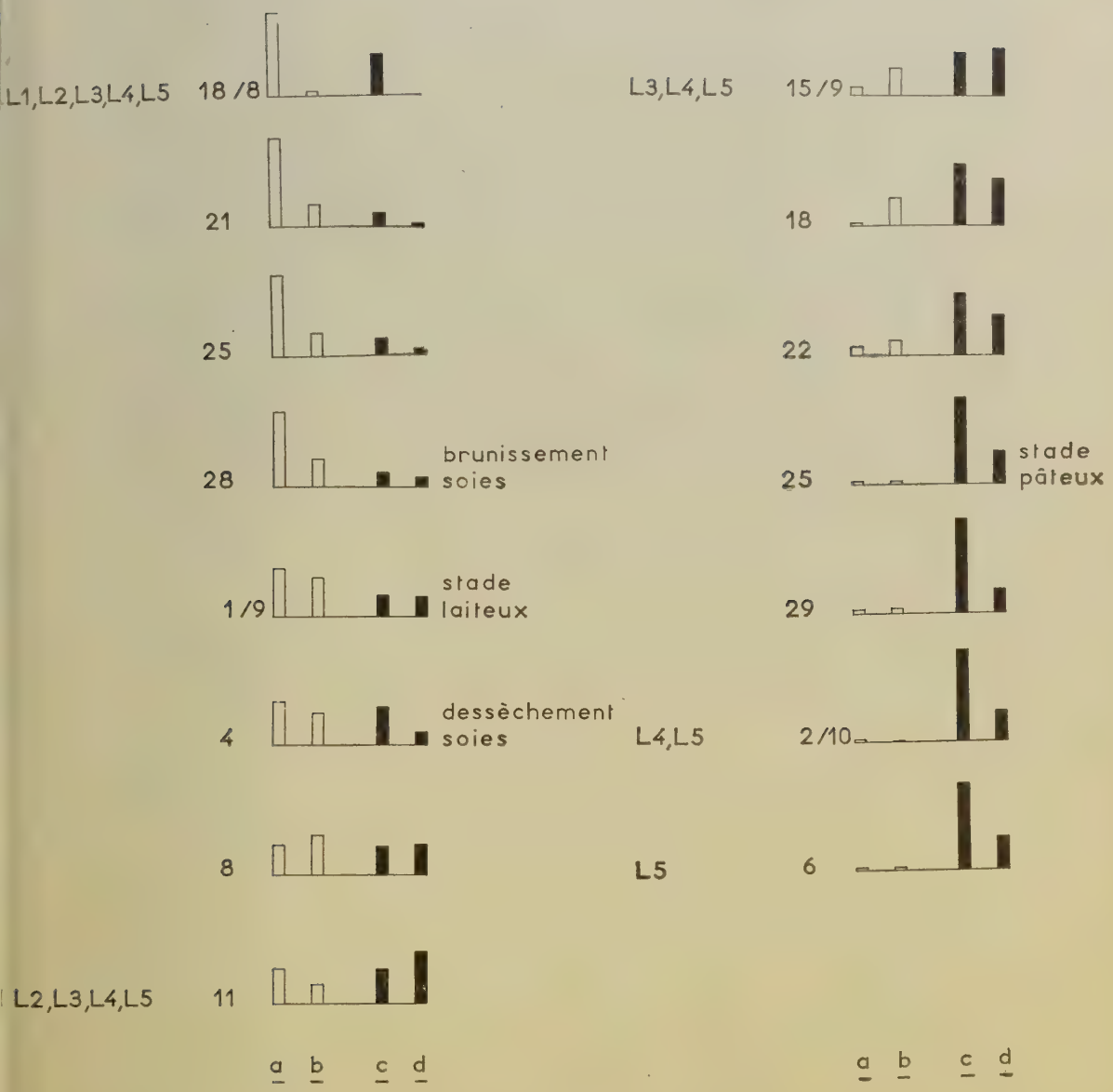


FIG 20. — Évolution de la nocivité des localisations d'*O. nubilalis* dans une culture d'United 26 semé du 1er au 10 juin 1959 ; 2e génération, Manduel.

3° Données sur la valeur numérique des dégâts.

Il ne nous a pas été possible d'évaluer numériquement la baisse des rendements provoqués par *O. nubilalis*. En effet, après l'attaque des deux générations successives de l'Insecte, il est très rare de trouver des pieds de Maïs totalement sains, pour effectuer, à la récolte, des comparaisons entre le poids de leurs épis et le poids des épis situés sur des pieds attaqués. Pour qu'une telle comparaison ait été possible, il aurait fallu protéger des parcelles de diverses cultures pendant tout l'été par des applications insecticides, ce que nous n'avons pu réaliser pour des raisons matérielles. Toutefois, c'est le propos d'une expérimentation en cours actuellement.

Compte tenu de la complexité des facteurs qui peuvent influencer le rendement d'une culture, il nous est actuellement difficile de faire la part de ce qui appartient à la Pyrale en propre. A titre d'exemple, le tableau VI présente les rendements obtenus pendant les cinq dernières années dans les principales cultures du Domaine de Campuget, qui ont subi des attaques d'intensité variable. Aucun traitement insecticide n'a jamais été effectué.

TABLEAU VI

Taux d'infestation par O. nubilalis *et rendements obtenus dans les cultures de Maïs au Domaine de Campuget, Manduel (Gard).*

Années	Dates de semis	Variétés	Attaques de première génération		Attaques de deuxième génération		Rendements en quintaux à l'hectare (1)
			% de plants attaqués	Nombres de chenilles par plant	% de plants attaqués	Nombres de chenilles par plant	
1955	15 avril	U 28 et I 4 417	20 %	1			65
	2 juin	U 26	0 %		100 %	7	55
1956	Début avril	U 28	5 %	1	70 %	3	66
	Début juin	U 26	0 %		100 %	28	40
1957	Début avril	I 4 417	95 %	3	100 %	5	54
	9-10 juin	U 26	0 %		100 %	17	46
1958	17 avril	U 28	94 %	4	30 %	2	79
	10-20 juin	U 26	0 %		100 %	8	60
1959	15 avril	I 4 565	31 %	2	86 %	3	90
	15 avril	I 4 565	23 %	2	20 %	1	83
	21 avril	U 26	75 %	3	20 %	1	78
	8 mai	I 4 565	22 %	2	93 %	2	79
	1-10 juin	U 26	0 %		100 %	5	60

(1) Les rendements sont exprimés en poids de grain sec, contenant 15 % d'eau.

Or, il apparaît difficile, d'après ces seules données, de mettre en évidence une corrélation entre le taux d'infestation par l'Insecte et la perte de récolte correspondante, en particulier lorsque la même culture subit les attaques de deux générations. Nous avons vu que la nocivité des chenilles est essentiellement variable. De plus, si l'on fait abstraction de la Pyrale, le rendement d'une culture de Maïs varie d'une année à l'autre, en fonction de nombreux facteurs : climat, sol, soins culturaux, maladies, déprédations d'oiseaux ou d'autres insectes.

Des entomologistes américains ont, de leur côté, recherché, souvent par des contaminations artificielles de Maïs, à relier la perte de récolte au degré d'infestation de la culture :

Dans une étude sur la sensibilité de variétés de Maïs à la Pyrale, Neiswander et Heu (1930) montrent que jusqu'à la moyenne de 6 chenilles par plant, la baisse du rendement peut être évaluée, par pyrale et par pied, à 5,4 p. 100 chez le Golden Bantan, à 3,25 p. 100 chez le Smoky Dent, et à 1,8 p. 100 chez le Burr Leaning ; le nombre de tiges cassées augmente de 6 p. 100. Ces auteurs concluent qu'aucune formule spécifique basée sur la population d'insectes par tige ne peut être établie pour mesurer des dommages qui affecteraient toutes les variétés, pour tous les sols, toutes les dates de semis, densités de semis, rotations des cultures et conditions météorologiques. De plus il est improbable que les mêmes populations placées sur les mêmes variétés donnent des résultats identiques au cours d'années différentes.

Des expériences effectuées de 1929 à 1934, Patch, Still, Schlosberg et Bottger (1943) concluent que la diminution de récolte dans les champs est proportionnelle au nombre de pyrales présentes, jusqu'au taux de 22 chenilles par plante. Mais, pour un taux d'infestation donné, la perte subie varie en fonction du rendement de la culture, de la sécheresse de la saison et du stade de développement de la plante à l'époque de l'infestation. Les pertes de récolte indiquées dans les résultats des expériences sont de l'ordre de 2,70 p. 100 à 4,90 p. 100 par pyrale et par plante.

Plus tard, Patch, Deay et Snelling (1951) estiment à 1,87 p. 100 la perte totale de récolte par pyrale et par plante chez des cultures expérimentales d'hybrides simples abritant en moyenne 10 insectes par plante ; la casse des pieds de Maïs est aggravée de 15 p. 100, mais les auteurs précisent que la baisse du rendement due à la plus petite taille des épis est 10 fois plus importante que la perte due aux épis non ramassables.

Pour Chiang et Hodson (1952), une perte de 3 p. 100 résulte de l'infestation d'une pyrale en moyenne par plante.

Devant l'importance accordée au problème d'*O. nubilalis* outre-atlantique, et devant les chiffres de dommages recueillis dans les textes bibliographiques (Loomis, Beck et Stauffer indiquent en 1957 une

perte annuelle de 100 millions de dollars), nous pouvons nous demander si la nocivité de l'Insecte en France est équivalente à celle de la Pyrale aux U. S. A., pour de mêmes degrés d'infestation. Des caractères biologiques raciaux pourraient-ils expliquer des différences de nocivité ? Une alimentation moins intense chez les larves de notre pays, ou une attractivité plus faible pour les épis de Maïs, par exemple ? Ou bien l'influence de la plante-hôte sur la nocivité serait-elle seule en jeu ? Il est certain qu'une conclusion ne pourra être avancée judicieusement en dehors d'une expérimentation rigoureuse de notre part.

Quelques hypothèses étant soulevées, nous devons toutefois souligner deux faits susceptibles d'expliquer au moins en partie, l'attention portée à cet insecte en Amérique :

— d'une part, la Pyrale est souvent considérée comme ravageur de Maïs comestibles (sweet corn et pop corn) dont les Américains cultivent d'importantes superficies : les dégâts sur les épis sont particulièrement redoutés, même pour de faibles nombres de chenilles ;

— d'autre part, les taux d'infestation ont été très élevés aux U. S. A., dans les années suivant l'introduction de la Pyrale (1917). D'après ROUBAUD (1930), ELLINGER constate à cette époque que tous les plants sont attaqués et abritent de 22 à 69 chenilles. HODGSON (1928) indique jusqu'à 117 pyrales par pied de Maïs. En Europe, par contre, les très fortes infestations ont toujours été exceptionnelles, en particulier en France où les études publiées à la même époque dans le Sud-Ouest ne mentionnent que de faibles pourcentages d'attaque (THOMPSON et PARKER, 1929). Les quelques exemples de fortes infestations que nous avons indiqués dans le tableau VI doivent être considérés comme des exceptions ; ainsi que nous l'expliquerons dans le paragraphe suivant, ils correspondent à un agencement particulier des cultures.

Il semble en outre que les taux d'infestations par *O. nubilalis* aient considérablement régressé aux U. S. A., où d'importants moyens de lutte ont été déployés : enfouissements d'hiver, lutte insecticide, développement de variétés résistantes, introduction de parasites. Bien que peu de chiffres d'infestation naturelle soient indiqués dans les textes publiés au cours de ces récentes années par les auteurs américains, il semble que les intensités d'attaque soient de l'ordre de quelques pyrales par pied de Maïs : dans une importante mise au point sur la lutte biologique dirigée contre *O. nubilalis* au Massachusetts, BAKER, BRADLEY et CLARK (1952) indiquent des nombres moyens de 0,3 à 6 larves récoltées par plante de 1932 à 1936 ; les taux les plus élevés sont relevés en 2e génération. De 1948 à 1951, l'infestation d'automne par les larves de 2e génération varie de 0,03 à 4 larves par pied de Maïs (CHIANG et HODSON, 1952). Lors d'essais de lutte par les insecticides granuleux dans l'état de Iowa, COX, BRINDLEY, LOVELY et FAHEY (1956) déterminent des taux

d'attaque de 1, 2, 0,6 et 1,7 pyrales par plante en 1re génération, et 22,8, 6,2, 6,7 et 6,1 pyrales par plante en 2e génération dans les parcelles-témoins. Gould et Wilson (1957) effectuent des essais analogues en Indiana, dans des cultures de Maïs sucré et de Maïs ordinaire, attaquées respectivement par 2,9 et 3,8 pyrales par plante. Ces auteurs précisent que la nocivité de la Pyrale en Indiana ne justifie pas toujours la nécessité de traitements insecticides.

Des entomologistes américains recherchent des critères de prévision d'infestation ; ces critères pourraient permettre de déterminer dès le début de l'attaque s'il est utile ou non d'entreprendre la lutte insecticide, ou de la continuer : Chiang et Hodson (1952) ont démontré, par exemple, que le nombre le plus élevé de pontes déposées sur 100 plants d'une culture en 24 heures, donne une bonne indication du degré général d'infestation.

4° Variations des taux d'infestation par *O. nubilalis* dans la Basse Vallée du Rhône.

Nous avons effectué des comptages de pieds attaqués et d'insectes récoltés dans les diverses localités qui ont été prospectées (fig. 10). En 1re génération, les cultures sont parfois attaquées dans leur totalité, mais le nombre de Pyrales pour chaque plant de Maïs reste faible, de l'ordre de quelques unités. En général, l'infestation est plus importante en 2e génération, mais l'augmentation est alors très variable. Le maintien des taux d'attaque de 1re génération à des niveaux faibles semble dû aux enfouissements profonds des chaumes en hiver, pratique de plus en plus répandue et qui contribue très efficacement à décimer les populations du ravageur après l'automne, chaque année (Anglade, 1958).

La comparaison des exemples de chiffres d'attaque relevés met en évidence l'action de quelques facteurs du milieu sur le degré d'infestation par la Pyrale. Ces facteurs appartiennent à la plante-hôte, en particulier à son mode de culture, et leur influence s'exerce sur le nombre de pontes déposées et sur la survie larvaire d'*O. nubilalis*.

Influence de la date de semis du Maïs. — Pour simplifier, nous distinguerons ici deux groupes schématiques de cultures : semis d'avril-mai, et semis de juin-juillet. Bien entendu, la séparation ne doit pas être considérée comme absolue entre les deux catégories.

Les cultures semées en avril et mai subissent les attaques des deux générations d'*O. nubilalis*. Plus le Maïs est semé de bonne heure en avril, plus il reçoit de pontes de la 1re génération ; donc plus il a de chances de subir le maximum d'attaque par cette génération. Mais il souffre moins de la 2e génération, en raison de son stade végétatif avancé qui le rend moins attractif pour la ponte et moins favorable à la survie larvaire.

Inversement, plus la date de semis est tardive en mai, plus le nombre de pontes déposées par la Pyrale de 1re génération est faible, et plus l'attaque est réduite ; mais le Maïs est plus sensible à l'infestation par la 2e génération.

En général, dans des champs isolés, le degré d'attaque relevé en 2e génération est légèrement supérieur à celui de la 1re génération, chez les Maïs semés précocement en avril ; parfois même il est plus faible ; mais il est notablement plus fort chez les cultures semées en mai, ainsi que le montrent les quelques exemples suivants :

Sites des cultures	Variétés	Dates de semis	Attaques de 1ere génération		Attaques de 2e génération	
			% de pieds attaqués	Nombres de pyrales par pied attaqué	% de pieds attaqués	Nombres de pyrales par pied attaqué
Manduel	U 28	17/4/58	94 %	4	30 %	2
Puechredon .	U 3	6/5/58	44 %	3	90 %	5
Moulès.....	U 28	21/5/57	41 %	2	100 %	4
Uzès	U 28	Fin mai 58	3 %	1	94 %	3

Les Maïs semés en juin et juillet ne sont pas assez élevés pour recevoir des pontes de 1re génération ; ils subissent exclusivement les attaques de la 2e génération, pour laquelle ils sont très réceptifs à la ponte et très favorables au développement larvaire. Ce sont donc les cultures les plus endommagées par la 2e génération. Toutefois, les Maïs semés en juillet sont moins infestés que ceux de juin, car ils ne sont pas réceptifs à la Pyrale au début de la ponte de 2e génération.

Influence du groupement des cultures. — Lorsque des Maïs de différentes dates de semis sont cultivés à proximité les uns des autres, des phénomènes de compétition entrent en jeu, notamment en ce qui concerne le dépôt des œufs.

Nous avons déjà indiqué (voir p. 353), que les cultures semées en mai subissent de plus fortes attaques de 1re génération lorsqu'elles sont isolées que lorsqu'elles voisinent avec des cultures semées en avril. Les quelques exemples suivants mettent ces faits en évidence (tableau p. 386).

Les phénomènes de compétition jouent également en 2e génération dans les cultures groupées. Les Maïs semés en avril et mai sont plus attaqués lorsqu'ils sont isolés que lorsqu'ils voisinent avec des cultures semées en juin, car ces derniers reçoivent alors la majorité des pontes de la Pyrale.

D'autre part, des Maïs semés en juin subissent de plus fortes infestations s'ils se développent à proximité de cultures semées de bonne heure, que s'ils sont isolés. Au Domaine de Campuget par exemple, les semis de juin sont infestés chaque année en totalité, avec des nombres

Sites des cultures	Variétés	Dates de semis	Attaques de première génération	
			% de pieds attaqués	Nombres de pyrales par pied attaqué
Cultures isolées				
Mouriès	U 28	15/5/57	67 %	4
Mondragon	U 28	6/5/57	79 %	4
Montfavet	U 28	5/5/57	74 %	3
Cultures groupées				
Manduel	I 4 417	4/4/57	95 %	3
Manduel	I 4 417	4/5/57	50 %	1
Manduel	I 4 417	10/5/57	13 %	1
Montfavet	U 28	28/4/57	59 %	
Montfavet	U 28	15/5/57	14 %	
Manduel	U 28	17/4/58	94 %	4
Manduel	U 28	28/4/58	52 %	3
Manduel	U 28	23/5/58	8 %	1
Montpellier	Lignées tardives	5/5/59	55 %	
Montpellier	WF9 × M14	15/5/59	5 %	

élevés de chenilles dans chaque plante, qui dépassent parfois 20 ou 30 individus. Par contre, à l'Isle-sur-Sorgue, dans une culture isolée de Wisconsin 355 semée au début juin 1958, nous avons relevé 77 p. 100 de plants attaqués, avec 2 Pyrales par plante. Dans le premier cas, l'infestation de 2e génération est fonction du développement de la 1re génération sur les cultures voisines de Maïs. Dans le second cas, il est probable que l'infestation dépend de l'évolution d'une 1re génération sur des plantes sauvages des environs. A ce propos, il faut souligner que le rôle joué par les plantes sauvages serait à examiner dans une étude de populations relative à cet insecte polyphage.

Influence de la superficie des cultures. — Ce facteur doit être considéré dans le cas de vastes domaines, présentant un groupement de cultures de Maïs semées à diverses dates. Nous avons vu que dans de tels cas, des compétitions interviennent entre les différentes parcelles pour la ponte de l'Insecte, et qu'en seconde génération, en particulier, les Maïs les plus jeunes, tels les Maïs dits « de seconde culture », semés en juin, sont les plus affectés.

Or, en général, l'exploitant effectue beaucoup plus de semis précoces que de semis tardifs, qui produisent des rendements moins élevés. La disproportion des superficies provoque une disproportion d'ordre inverse dans les degrés d'attaque.

C'est ainsi qu'au Domaine de Campuget à Manduel, nous avons observé certaines années des degrés d'attaque exceptionnellement élevés en 2e génération, alors qu'en 1re génération, les taux d'infestation étaient de l'ordre de quelques chenilles par plante dans les cultures les plus endommagées.

Années	Superficies de Maïs de 1ère culture (semis d'avril-mai)	Superficies de Maïs de 2e culture (semis de juin)	Attaques de 2e génération chez les Maïs semés en juin	
			% de pieds attaqués	Nombres de pyrales par pied attaqué
1956.....	40 ha	3 ha	100 %	28
1957.....	36 ha	5 ha	100 %	35 en août 17 en septembre
1958.....	18 ha	9 ha	100 %	8

En 1957, nous avons indiqué 2 moyennes différentes de larves récoltées, parce qu'en raison d'un dessèchement précoce de la culture, et peut-être aussi d'une surpopulation, de nombreuses chenilles ont délaissé le Maïs à partir du début septembre.

Influence de la variété. — En 1re génération, ce facteur ne semble jouer que dans le cas de cultures groupées, appartenant à des variétés différentes, et semées à la même date. L'hybride le plus précoce reçoit le plus de pontes en raison de la taille plus élevée de ses plants. C'est ainsi qu'à Manduel nous avons observé respectivement 75 p. 100 et 22 p. 100 de pieds endommagés chez les hybrides United 26 et Iowa 4565, semés le 21 avril 1959.

En 2e génération, ce même facteur joue également s'il y a compétition entre deux cultures, mais de façon inverse du fait que l'hybride le plus tardif est le plus attractif pour la ponte. Les cultures d'United 26 et d'Iowa 4565 semées le 21 avril 1959 ont présenté respectivement 20 p. 100 et 86 p. 100 de pieds attaqués.

En cultures isolées, et pour une date de semis précoce (avril ou début mai), les hybrides à long cycle sont plus sensibles à la 2e génération que les hybrides à court cycle, parce qu'ils demeurent plus longtemps favorables à la ponte et à la survie larvaire.

Influence de l'irrigation. — Ce point particulier concerne des Maïs tardifs semés de bonne heure en Provence (avril ou début mai) et subissant une longue période de sécheresse en juillet et août, notamment après la floraison.

Les cultures bien irriguées sont infestées normalement par les deux générations de la Pyrale. Par contre les Maïs non irrigués se dessèchent très rapidement après la floraison ; ils deviennent peu réceptifs à la ponte de 2e génération et ne permettent pas la survie larvaire. C'est ainsi qu'une culture non irriguée d'United 28 semée en début mai 1958 à Moulès a été totalement infestée par la Pyrale de 1re génération, avec une moyenne de 4 chenilles par plante. Mais aucune larve de 2e génération n'a été récoltée sur ce Maïs. A Manduel, dans deux cultures de Maïs tardifs semés le 17 avril 1958 et présentant 94 p. 100 de leurs plantes endom-

magées par la 1re génération avec une moyenne de 4 chenilles par plante, les taux d'infestation ont été les suivants, en 2e génération :

Hybride bien irrigué : 80 p. 100 de plants attaqués, avec 2 chenilles par plante minée.

Hybride mal irrigué : 30 p. 100 de plants attaqués, avec 2 chenilles par plante minée.

VII. — RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

La présente étude est consacrée à l'écologie et à l'éthologie de la Pyrale du Maïs (*Ostrinia nubilalis* HBN.), ainsi qu'à leurs incidences économiques dans les cultures de Maïs de la Basse Vallée du Rhône.

Les méthodes utilisées dans cette étude comportent à la fois des observations dans la nature et des examens de contrôle au laboratoire, des relevés climatiques, des applications de technique de piégeage. Les travaux ont été effectués pour la plus grande part dans deux cultures-types de Maïs à Manduel (Gard) : un hybride tardif semé en avril, et un hybride demi-précoce semé en juin. Des résultats complémentaires proviennent d'observations faites dans d'autres localités.

Les différents points suivants ont été précisés :

1° *O. nubilalis* demeure un ennemi permanent des cultures de Maïs dans la Basse Vallée du Rhône, où son cycle annuel, de type bivoltin, comporte une hivernation au 5e stade larvaire. Les périodes de présence de tous les états et stades sont précisées. Elles varient peu d'une année à l'autre et d'un site à l'autre pour des cultures analogues.

2° L'influence du milieu sur l'évolution de l'Insecte s'exerce surtout par l'intermédiaire de la plante-hôte, en agissant en particulier sur les stades de végétation présentés par le Maïs à l'époque de la ponte, de l'installation et du développement des larves. Les facteurs suivants ont fait l'objet d'un examen détaillé : date de semis du Maïs, variété, irrigation, vigueur des plantes. Il ressort de façon nette que la répartition, à une date donnée, des pourcentages des différents stades évolutifs rencontrés dans la population présente, ainsi que l'augmentation du pourcentage des stades les plus âgés par rapport aux stades les plus jeunes, sont profondément affectés par la date de semis, la variété et la vigueur des Maïs étudiés. En outre, il semble bien que l'irrigation, en agissant directement sur la physiologie du Maïs, ait une influence certaine sur le développement de la Pyrale.

3° Tous les organes du plant de Maïs sont susceptibles d'abriter et de nourrir les chenilles d'*O. nubilalis*. Mais la localisation des larves varie en fonction de leur âge et du stade végétatif des plantes-hôtes. La succession des localisations a été précisée pour chacune des cultures-types étudiées, et pour chaque génération de l'Insecte.

Chez un hybride tardif semé en avril, les chenilles de 1re génération se développent dans le cornet foliaire et dans les fleurs mâles, avant de pénétrer dans les tiges, où les localisations des larves âgées dominent après la floraison femelle. En raison du stade végétatif avancé de cette culture de Maïs à l'époque du 2e vol, les chenilles de 2e génération s'abritent dès leur éclosion, sous les gaines et surtout dans les épis. De nombreuses larves âgées pénètrent dans les tiges, où les localisations dominent peu à peu, à mesure que les grains des épis durcissent.

Chez un hybride demi-précoce semé au début de juin, les localisations dans les tiges et les épis succèdent rapidement à quelques localisations dans les cornets foliaires et les fleurs mâles, où les premières larves écloses en saison peuvent seules s'abriter. Ainsi que dans le cas précédent, les présences de chenilles dans les galeries de tiges dominent en fin d'été.

Il semble dès lors possible de déterminer à l'avance les séquences successives d'une infestation dans toute culture dont on pourra prévoir approximativement le déroulement des stades végétatifs au cours de la saison.

4° L'examen des localisations des larves de Pyrale dans les pieds de Maïs met en évidence différents degrés de nocivité. De nombreuses localisations apparaissent peu nuisibles, compte tenu des taux d'infestation habituellement relevés en Provence. Par contre, d'autres localisations peuvent être très nuisibles, en particulier celles des galeries de tiges, qui provoquent leur casse, et celles des grains, qui affectent non seulement le rendement, mais encore la qualité de la production. L'étude de la nocivité de la Pyrale devrait permettre une estimation préalable des dommages occasionnés par le ravageur dans chaque type de culture rencontré.

Chez un hybride tardif semé en avril, par exemple, il semble que la Pyrale de 1re génération affecte peu la production de la culture ; mais les cassures de tiges qu'elle provoque font obstacle à la récolte mécanique des épis. La Pyrale de 2e génération apparaît également peu nuisible à la production grainière de cette culture, en raison de la dureté des grains qu'elle attaque ; mais par ses galeries, elle intensifie la casse des tiges et provoque la chute des épis.

Chez un hybride demi-précoce semé au début juin, la Pyrale de 2e génération nuit gravement aux épis de Maïs, soit en dévorant les grains, soit en favorisant l'introduction et le développement de moisissures.

5° Les taux d'infestation par *O. nubilalis* des cultures de Maïs dans la Basse Vallée du Rhône, apparaissent très variables. En 1re génération, les plants sont parfois attaqués dans leur totalité, mais le nombre de pyrales minant chacun d'eux reste faible, de l'ordre de quelques unités. L'infestation est souvent plus importante en 2e génération. L'action de plusieurs facteurs du milieu sur les degrés d'attaque a été mise en évi-

dence, en particulier dans le dernier cas. Ces facteurs appartiennent à la plante-hôte et à son mode de culture : il s'agit de la date de semis et de la variété du Maïs, de la disposition et des superficies relatives de différentes cultures groupées, de l'irrigation.

Les Maïs semés en avril et mai subissent les attaques des deux générations de Pyrale, tandis que les Maïs semés en juin et juillet ne sont infestés que par la 2e génération. Ces champs de « seconde culture » sont plus attaqués s'ils voisinent avec des Maïs de « première culture » que s'ils sont isolés, et d'autant plus gravement que leur superficie est faible par rapport à celle des Maïs semés précocement.

6° Les précisions acquises sur la nocivité de la Pyrale, et les valeurs de l'infestation relevées au cours de ces dernières années dans des cultures de diverses variétés et dates de semis, nous amènent à recommander le semis précoce des variétés habituellement cultivées en Provence. Dans de telles conditions, les Maïs subissent des attaques qui, pour être régulières, n'en demeurent pas moins restreintes en raison de la forte mortalité hivernale qui résulte de l'enfouissement des chaumes à l'automne. Les semis tardifs, qui créent des foyers de pullulation très favorables aux larves de 2e génération, devraient être évités.

7° Le parasitisme par la Tachinaire *Lydella grisescens* R. D., qui s'est maintenu au taux de 15 p. 100 à 25 p. 100 pour les larves des deux générations pendant ces dernières années, nous permet d'envisager l'utilisation rationnelle de cet auxilliaire dans la lutte contre *O. nubilalis*.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Anglade (P.). — Influence de l'enfouissement des tiges de Maïs sur l'hivernation et la survie des chenilles endophytes (*Pyrausta nubilalis* Hbn. et *Sesamia nonagrioïdes* Lef.). *Ann. Epiph.* (3), p.371-384, 1958.

Babcock (K. W.). — The european corn borer, *Pyrausta nubilalis* Hbn. I. A discussion of its dormant period. *Ecology*, **8**, p. 45-59, 1927.

Babcock (K. W.). — The european corn borer, *Pyrausta nubilalis* Hbn. II. A discussion of its seasonal history in relation to various climates. *Ecology*, **8**, p. 177-193, 1927.

Baker (W. A.), Bradley (W. G.) et Clark (C. A.). — Biological control of the european corn borer in the United States. *U. S. Dept. Agr. Tech. Bull.*, **983**, 185 p., 1949.

Barnes (*D.*) et Hodson (A. *C.*). — Low-temperature of the european corn borer in relation to winter survival in Minnesota. *Journ. of Econ. Entom.*, vol. 49 (1), p. 19-24, 1956.

Batchelder (C. H.). — European corn borer location on the corn plant as related to insecticidal control. *U. S. Dept. Agr. Tech. Bull.*, **976**, 20 p., 1949.

Beard (R. L.) et Turner (N.). — Investigations on the control of the european corn borer. *Bull. Conn. agric. Exp. Sta.*, **462**, p. 551-591, New Haven, Conn., 1942.

Beard (R. L.). — The significance of growth stages of sweet corn as related to infestation by the european corn borer. *Bull. Conn. agric. Exp. Sta.*, **471**, p. 173-199, New Haven, Conn., 1943.

BECK (S. D.). — The european corn borer, *Pyrausta nubilalis* Hbn, and its principal host plant. I. Orientation and feeding behavior of the larva on the corn plant. II. The influence of nutritional factors on larval establishment and development on the corn plant. *Ann. ent. soc. amer.*, **49**, n° 6, p. 552-558 and p. 582-588, 1956.

CAFFREY (D. J.) et WORTHLEY (L. H.). — A progress report on the investigations of the european corn borer. *U. S. Dept. Agr. Bul.*, **1476**, 155 p., 1927.

CHEU (S. P.). — Correlation of corn borer damage with growth condition of corn and its significance on corn breeding work. *Kwangsi agric.*, **2**, n° 1-2, p. 126-133, 1941.

CHIANG (H. C.) et HODSON (A. C.). — Stalk breakage caused by european corn borer and its effect on the harvesting of field corn. *J. econ. ent.*, **43**, n° 4, p. 415-422, Menaska, Wis., 1950.

CHIANG (H. C.) et HODSON (A. C.). — Relation between egg mass abundance and fall populations of first generation corn borer and justification for insecticidal control in field corn. *J. econ. ent.*, **45**, n° 2, p. 320-323, 1952.

CHIANG (H. C.) et HODSON (A. C.). — Leaf injury caused by the first-generation corn borer in field corn. *J. econ. ent.*, 46, n° 1, p. 68-73, 1953.

COX (H. C.), BRINDLEY (T. A.), LOVELY (W. G.) et FAHEY (J. E.). — Granulated insecticides for european corn borer control. *J. econ. ent.*, **49**, n° 1, p. 113-119, 1956.

FEYTAUD (J.). — Les insectes du Maïs. *Compte rendus* 1er *Congr. intern. du Maïs*, **II**, p. 49-73, Pau, 1930.

FICHT (G. A.). — Some observations on the planting date of corn and its relation to european corn borer population. *J. econ. ent.*, **24**, n° 2, p. 380-386, 1931.

FICHT (G. A.) et HIENTON (T. E.). — Studies on the flight of european corn borer moths to light traps. A progress report. *J. econ. ent.*, **32**, n° 4, p. 520-526, 1939.

FICHT (G. A.), HIENTON (T. E.) et FORE (J. M.). — The use of electric light traps in the control of the european corn borer. *Agric. Engng*, **21**, n° 3, p. 87-89, 1940 (*Abstr. in Exp. Sta. Rec.*, **84**, n° 2, p. 219, 1941).

FICHT (G. A.) et HIENTON (T. E.). — Some of the more important factors governing the flight of european corn borer moths to electric traps. *J. econ. ent.*, **34**, n° 5, p. 599-604, 1941.

GAUDINEAU (M.) et MESSIAEN (C. M.). — Quelques maladies cryptogamiques sur épis, tiges et feuilles de Maïs. *Ann. Epiph.*, n° 3, p. 273-299, 1954.

GOULD (G. E.) et WILSON (M. C.). — Granulated insecticides for european corn borer control. *J. econ. ent.*, **50**, n° 4, p. 510-511, 1957.

GUENNELON (G.), AUDEMARD (H.) et TORT (M. J.). — Mise au point sur le problème des chenilles endophytes du Maïs en Provence. *Bull. Techn. inf. ing. serv. agric.*, n° 129, p. 197-202, 1958.

HERVEY (G. E. R.) et PALM (C. E.). — A preliminary report on the response of the european corn borer, to light. *J. econ. ent.*, **28**, n° 4, p. 670-675, 1935.

HODGSON (B. E.). — The host plants of the european corn borer in New England. *Techn. Bull. U. S. Dept. Agric.*, n° 77, 63 p., 1928.

HUBER (L. L.), NEISWANDER (C. R.), SALTER (R. M.) and others. — The european corn borer and its environment. *Bull. Ohio Agric. Expt. Sta.*, n° 429, 196 p., 1928.

KELSHEIMER (E. G.). — Response of european corn borer moths to colored lights. *Ohio J. Sci.*, **35**, n° 1, p. 17-28, 1935.

KOZHANCHIKOV (I. V.). — Experiments on the effect of humidity on the development of the corn borer *Pyrausta nubilalis* Hbn. Summary of the scientific research work of the institute of plant protection for

the year 1936. Part. II. Pests and diseases of industrial and fruit crops. Roy. 8 vo., *Lenin Acad. agric. Sci.*, p. 361-363, 1937.

LABOULBENE (A.), ROBIN (C.) et FALLOU (M. J.). — Sur les dégâts causés au Maïs et au chanvre par les chenilles du *Botys nubilalis* Hbn. *Ann. Soc. Ent. de France*, 1884.

LADUISHENSKAYA (L. A.). — Effect of ecological conditions on the survival of eggs and larvae of *Pyrausta nubilalis* Hbn. on hemps. Summary of the scientific research work of the institute of plant protection for the year 1936. Part. II. Pests and diseases of industrial and fruit crops. Roy. 8 vo, *Lenin Acad. agric. Sci.*, p. 366-368, 1937.

LOOMIS (R. S.), BECK (S. D.) et SAUFFER (J. F.). — The european corn borer, *Pyrausta nubilalis* Hbn., and its principal host plant. V. A chemical study of host plant resistance. *Plant. Physiol.*, **32**, n° 5, p. 379-385, 1957.

MELLAMBY (K.). — Water drinking by the larva of the european corn borer. *J. econ. ent.*, **51**, n° 5, p. 744-745, 1958.

METALNIKOV (S.) et CHORINE (V.). — The infections diseases of *Pyrausta nubilalis* Hbn. Internat. corn borer invest. Sci. Rep. 1927-28, p. 41-69, 1928 (résumé dans 1er *Congr. intern. du Maïs*, **11**, Pau, 1930).

METALNIKOV (S.) et TOUMANOFF (K.). — Experimental researches on the infection of *Pyrausta nubilalis* by entomophytic fungi. Intern. corn borer invest. Sci. Rep. 1927-28, 1928 (résumé dans 1er *Congr. intern. du Maïs*, II, Pau, 1930).

MUTCHMOR (J. A.) et BECKEL (W. E.). — Importance of temperature and photoperiod in inducing diapause in the european corn borer, *Pyrausta nubilalis* Hbn. *Nature*, **181**, p. 204, 1958.

NEISWANDER (C. R.) et HERR (E. A.). — Correlation of corn borer population with degree of damage. *J. econ. ent.* XXIII, n° 6, p. 938-945, 1930.

NEISWANDER (C. R.). — Variations in the seasonal history of the european corn borer in Ohio. *J. econ. ent.*, **40**, n° 3, p. 407-412, 1947.

NEPVEU (P.) et AUDEMARD (H.). — Étude des facteurs réglant la lutte contre les chenilles endophytes du Maïs en Provence. *Bull. Techn. inf. ing. serv. agric.*, **82**, 1953.

PAILLOT (A.). — Importance relative des facteurs divers contribuant à limiter l'extension de la Pyrale du maïs dans l'est de la France. *C. R. Acad. Sci. Fr.*, CLXXXVII, n° 2, p. 149-151, 1928.

PAILLOT (A.). — Sur la biologie d'*Eulimneria crassifemur* Thoms., parasite de la Pyrale du Maïs. *C. R. Soc. biol.*, XCIX, n° 26, p. 821-822, 1928.

PAILLOT (A.). — On the natural equilibrium of *Pyrausta nubilalis* Hbn. Intern. corn borer invest. Sci. Rep. 1927-28, p. 77-106, 1928 (résumé dans 1er *Congr. intern. du Maïs*, **II**, Pau, 1930).

PAINTER (R. H.) et FICHT (G. A.). — A field study of the reduction of european corn borer larvae in standing corn. 55*th. Ann. Rept. Ent. Soc. Ontario*, 1924, p. 53-54, 1925.

PARKER (H. L.), VANCE (A. M.), SMITH (H. D.) et GAMKRELIDZE (W.). — *Pyrausta nubilalis* Hübn. in Europe. Notes on infestation and parasitism, from 1926 to 1928. *J. econ. ent.*, **22**, n° 4, p. 688-693, 1929.

PARKER (H. L.), THOMPSON (W. R.), DE RIPPAS (P.) et KOZLOVSKY (S.). — A study of the abundance of *Pyrausta nubilalis* Hübn. in corn (*Zea mays* L.) in southwestern France. *J. econ. ent.*, XXII, n° 1, p. 183-195, 1942.

PATCH (L. H.). — Height of corn as a factor in egg laying by the european corn borer moth in the one-generation area. *J. agric. res.*, **64**, n° 9, p. 503-515, 1942.

PATCH (L. H.), STILL (G. W.), SCHLOSBERG (M.) et BOTTGER (G. P.). — Factors determining the reduction in yield of field corn by the european corn borer. *J. agric. res.*, **65**, n° 10, p. 473-482, 1942.

PATCH (L. H.), DEAY (H. O.) et SNELLING (R. O.). — Stalk breakage of dent corn infested with the august generation of the european corn borer. *J. econ. ent.*, **44**, nº 4, p. 534-539, 1951.

PETERSON (G. D.). — Biological control of the european corn borer on Guam. *J. econ. ent.*, **48**, nº 6, p. 683-685, 1955.

ROUBAUD (E.). — Sur les préférences trophiques de la Pyrale du Maïs (*Pyrausta nubilalis*). Importance de l'armoise commune (*Artemisia vulgaris*) comme plante d'élection déviatrice, pour la protection des cultures. *C. R. Acad. Sci. Fr.*, CLXXXV, nº 21, p. 1158-1160, 1927.

ROUBAUD (E.). — L'anhydrobiose réadtivante dans le cycle évolutif de la Pyrale du Maïs. C. *R. Acad. Sci. Fr.*, CLXXXVI, nº 12, p. 792-793, 1928.

ROUBAUD (E.). — Biological researches on *Pyrausta nubilalis* Hbn. Intern. corn borer invest. Sci. Rep. 1927-28, p. 1-40, 1928 (résumé dans 1er *Congr. intern. du Maïs*, **II**, Pau, 1930).

RUMYANTZEV (M.). — Variations in fertility of females in *Pyrausta nubilalis* Hbn. in indifferent years, and factors determining these variations (en russe, résumé en anglais). *Prob. biocenol*, nº 5-6, p. 219-227, Leningrad, 1929.

SPRINGER (R. E.). — Some factors affecting the hatching of the eggs of the european corn borer. *Proc. pennsylvania acad. Sci.* IV, p. 99-102, 1930.

THOMPSON (W. R.) et PARKER (H. L.). — The european corn borer and its controling factors in Europe. *Techn. Bull. U. S. Dept. Agric.*, nº 59, 62 p., 1928.

TURNER (N.) et BEARD (R. L.). — Effect of stage of growth of field corn inbreds on oviposition and survival of the european corn borer. *J. econ. ent.*, **43**, nº 1, p. 17-22, 1950.

VINAL (S. C.) et CAFFREY (D. J.). — The european corn borer and its control. *Massach. Agric. Expt. Sta.*, Amherst, Bull. nº 189, 71 p., 1919.

WILLIAMS (C. B.). — An analysis of four years captures of insects in a light trap. Part I. General survey ; Sex proportion ; Phenology ; and time of flight. *Trans. R. ent. soc. Lond.*, **89**, pt 6, p. 79-131, 1939.

MISE AU POINT BIBLIOGRAPHIQUE

LE PLOMB DES ARBRES FRUITIERS

I. — État actuel de la question.

PAR

C. GROSCLAUDE

Station de Pathologie végétale
Centre de Recherches agronomiques du Sud-Ouest, Pont de la Maye.

PLAN DU MÉMOIRE

I. — Introduction : Les confusions à éviter.
- A. — Aspect plombé provoqué par des insectes ou des acariens.
- B. — Aspect plombé d'origine physiologique.

II. — Le plomb proprement dit. Description de la maladie.

III. — Les causes du plomb.
- A. — Historique.
- B. — Le *Stereum purpureum.*
- C. — Le plomb provoqué par d'autres champignons que le *Stereum purpureum.*
- D. — Autres causes : hypothèses.
  - — le plomb maladie à virus.
  - — le plomb maladie non parasitaire.
- E. — Discussion sur les causes du plomb.

IV. — Hôtes du *Stereum purpureum.*

V. — Répartition géographique de la maladie. Son importance en France.

VI. — Les symptômes profonds de la maladie.
- A. — Anatomiques et cytologiques.
- B. — Symptômes secondaires.

VII. — Hypothèses sur l'origine des troubles constatés.
- A. — Reflet argenté.
- B. — Les zones brunes du bois.
- C. — Autres symptômes.

VIII. — Propagation de la maladie.

A. — Par les parties aériennes.
B. — Par le sol.

IX. — Méthodes de lutte.

A. — Méthodes de lutte curative.
B. — Méthodes de lutte préventive.
C. — Discussion.
D. — Conseils d'ordre cultural.

X. — Conclusion.

Résumé.

Bibliographie.

INTRODUCTION : LES CONFUSIONS A ÉVITER

Le symptôme le plus frappant de la maladie du plomb est la teinte livide, gris-verdâtre à reflets métalliques que prennent les feuilles des végétaux atteints. A l'étranger, cette affection s'appelle « maladie couleur de lait » ou encore « maladie de la feuille argentée » expressions qui traduisent également bien l'aspect anormal du feuillage (1).

Cependant, ce seul symptôme ne suffit pas à définir la maladie qui nous préoccupe, car l'aspect plombé peut être dû à des causes très différentes. Pour cette raison, et afin d'éviter toute confusion, nous indiquerons brièvement deux types d'aspects plombés dont les causes ne relèvent pas de la pathologie végétale.

A. — Aspect plombé provoqué par des insectes ou des acariens

Arnaud (3, 4) signale un plomb dû au Thrips *Heliotrips haemorrhoïdalis* ainsi qu'au Tigre du Poirier *Tingis pyri*. Il mentionne aussi plusieurs acariens qui, selon divers auteurs seraient également responsables de l'apparition d'aspects plombés (*Tetranichus tellarius* (70) *Phyllocoptes cornutus* Bank., *Eriophyes* sp.).

Dans le Sud-Ouest, nous avons observé fréquemment des pêchers dont le feuillage présentait en fin de saison, une teinte plombée à la suite d'invasion par le *Bryobia rubrioculus*. Le limbe des feuilles est alors constellé par une minuscule mosaïque à reflets argentés.

Dans le Midi méditerranéen, d'autres acariens sont en cause et en particulier des *Eriophydae*.

B. — Aspect plombé d'origine physiologique

Cet aspect que l'on remarque dans le courant des mois de juillet et août est visible fréquemment dans les vergers de pêchers. La teinte plombée est assez discrète et affecte en général tous les arbres d'une plantation. Les obser-

(1) Soit Milchglanzkrankheit pour les Allemands et Silver leaf disease dans les pays de langue anglaise ; dans les Pays-Bas la maladie se nomme Loodglansziekte.

vations faites dans de tels cas permettent de penser que cette manifestation (d'ailleurs sans gravité et sans suites préjudiciables) traduit un certain déséquilibre physiologique dû par exemple à une période de sécheresse prolongée ou au contraire à des apports d'eau intempestifs.

II. — LE PLOMB PROPREMENT DIT. DESCRIPTION DE LA MALADIE

La maladie du plomb apparaît en général très tôt en saison. Elle peut se manifester dès le départ de la végétation et jusqu'à la fin du printemps. Il est par contre rare d'observer en été de nouveaux cas de plomb, même si les symptômes du mal persistent à cette époque sur des sujets déjà touchés antérieurement.

Nous avons dit que le trait le plus frappant de cette affection était la teinte vert pâle à reflets métalliques que prennent les feuilles des végétaux malades. Cette teinte elle-même rappelle beaucoup celle que présentent à l'état normal les feuilles de certains saules ou encore de diverses plantes ornementales. Le limbe revêt cet aspect de façon très homogène tant sur la face supérieure que sur la face inférieure.

Au début de la maladie, les feuilles de l'arbre malade ont encore une forme et une taille normales ; puis, plus ou moins tôt, suivant la gravité de l'attaque, celles-ci se crispent, et présentent des nécroses. La croissance des jeunes organes ne tarde pas à diminuer et les feuilles restent rabougries, groupées en sorte de rosettes sur des rameaux dont l'allongement a cessé (fig. 1).

L'une des originalités de la maladie réside dans le fait qu'elle ne frappe que des sujets disséminés dans le verger. De plus, au début, l'arbre qui est touché ne présente généralement les symptômes de la maladie que sur une partie seulement, correspondant à une grosse branche ou une charpentière.

La maladie évolue plus ou moins vite, aboutissant presque toujours à la mort de l'arbre au bout d'un, deux ou trois ans. Tandis que les premières branches atteintes dépérissent, les autres sont à leur tour gagnées par la maladie et l'arboriculteur, prévoyant l'issue fatale n'hésite pas à supprimer l'arbre avant que la maladie n'ait achevé son œuvre.

	Plomb proprement dit	Dégâts d'acariens	Plomb physiologique
Apparition des premiers symptômes	Tôt en saison	En fin de saison	En fin de saison
Teinte plombée	Homogène	Minuscule mosaïque	Homogène et peu accentuée
Taille et forme des feuilles	Normales puis crispées et nécrosées, enfin rabougries et en rosettes	Normales	Normales
Sujets touchés	Disséminés dans le verger ou en îlots		Généralisé à tous les arbres du verger
Début de l'attaque	Souvent sur une partie de l'arbre seulement		Généralisé à tout le feuillage
Évolution de la maladie	Mort de l'arbre		Sans conséquences graves

FIG. 1. — Plomb du pêcher provoqué par le *Stereum purpureum* (inoculation artificielle). Aspect en rosette correspondant aux derniers stades de la maladie. — *En bas* : aspect identique, plus grossi.

On peut cependant noter une amélioration passagère des sujets les moins gravement atteints (amélioration survenant alors en fin d'été) ou même, plus rarement, la guérison spontanée de l'arbre.

Le tableau ci-dessus résume les principaux caractères de la maladie du plomb et ceux des autres aspects plombés dont il a été question plus haut.

III. — LES CAUSES DU PLOMB

A. — Historique

C'est au mycologue français PRILLIEUX, fondateur de la Station de Pathologie Végétale — située alors à Paris — que l'on doit la première description de la maladie du plomb en 1885 (66).

Toutefois, PRILLIEUX ne considérait pas qu'il s'agissait d'une maladie parasitaire. Sans que l'on put donc lui trouver une cause précise d'autres auteurs admirent cette thèse et en particulier ADERHOLD (1). PERCIVAL en 1902 (59), mit le premier, en évidence la présence d'un mycélium de basidiomycète dans les racines et le tronc d'un prunier malade. Ayant identifié le champignon comme étant le *Stereum purpureum* Pers., il reproduisit le plomb par inoculations artificielles. Il avait ainsi démontré le rôle déterminant du *Stereum purpureum* dans l'apparition de la maladie. Toutefois, ses conclusions furent accueillies avec beaucoup de scepticisme : PERCIVAL n'avait en effet, constaté aucune trace du parasite dans les rameaux, ni dans les feuilles où pourtant s'extériorisait la maladie. Ce fait pour l'époque paraissait assez surprenant et était un argument invoqué, encore en 1927, par DELACROIX (32) pour dénier toute valeur aux expériences de PERCIVAL. BLACKMORE (7) quant à lui, attribuait le plomb à l'action d'une bactérie.

Pourtant, à partir de 1910, d'autres auteurs, GUSSOW (49), puis BROOKS et ses collaborateurs (11, 12, 13, 14) confirmaient l'opinion de PERCIVAL, en prouvant le rôle pathogène du *Stereum purpureum*. En 1926 BROOKS et MOORE (18) démontrèrent expérimentalement la production par le champignon de toxines qui, véhiculées par la sève étaient capables de reproduire certains symptômes de la maladie au niveau des feuilles.

B. — Le Stereum purpureum

Depuis cette époque, le rôle pathogène du *Stereum purpureum* comme responsable de la maladie du plomb est admis par la grande majorité. A notre tour, nous avons voulu vérifier cette affirmation dans le cas de pêchers du Sud-Ouest de la France, où le plomb sévit avec une particulière gravité. Pour cela, nous avons réalisé de nombreux isolements au niveau des racines, du tronc, ou des charpentières des arbres malades. Le *Stereum purpureum* était le plus souvent présent dans nos isolements, reconnaissable à l'état de mycélium stérile, grâce aux techniques et aux descriptions de DAVIDSON et ses collaborateurs (31), ROBAK (68), NOBLES (58). De nombreuses inoculations artificielles sur pêcher nous permirent par la suite de reproduire tous les caractères de la maladie et d'obtenir à plusieurs reprises les fructifications du champignon sur les arbres contaminés.

C. — Le plomb provoqué par d'autres champignons que le *Stereum purpureum*

Borzini et Ceruti-Scurti (10, 21) ont récemment isolé, à partir de pêchers plombés, un Basidiomycète susceptible de reproduire la maladie par inoculations artificielles. Ces auteurs ont identifié le champignon en culture comme étant le *Gloeocystidium contiguum* Karst. f. *laxa* Bourdot et Galzin.

De notre côté, nous avons obtenu des résultats positifs en inoculant quelques jeunes pêchers avec le *Stereum insignitum* Quel (1).

D. — Autres causes : hypothèses

Le plomb maladie à virus.

Cette hypothèse a été émise par divers chercheurs italiens : Gigante (34) a rapproché les aspects en rosette et les enroulements des feuilles, fréquents sur les pêchers plombés, de certains symptômes de viroses sur arbres fruitiers. L'atténuation des symptômes de plomb pendant l'été était aussi considérée par cet auteur comme un argument en faveur de cette hypothèse.

Goidanich et ses collaborateurs (36) envisagent aussi la possibilité d'une virose mais ne parviennent pas à en donner la preuve. En effet, si on greffe un greffon malade sur un arbre sain, celui-ci donne une pousse saine. L'inverse (greffon sain sur plante malade), réalisé par la Station d'Arboriculture de la Grande Ferrade et par Borzini (10) donne par contre des pousses plombées. Ce dernier résultat n'infirmant ni ne confirmant l'hypothèse d'une virose.

Plus récemment, Pratella (65) traitait de la question du plomb au cours d'un Congrès sur les Viroses des arbres fruitiers (Pavie 1958) sans d'ailleurs apporter beaucoup d'éléments nouveaux.

Le plomb, maladie non parasitaire.

Ce sont encore les chercheurs italiens qui expriment cette idée. Gigante (34) tout en reconnaissant l'existence d'un plomb parasitaire produit par le *Stereum purpureum*, affirme avoir rencontré aussi de nombreux cas de plomb sans la moindre trace de parasite décelable, malgré la similitude des symptômes.

Dans ce plomb d'origine physiologique (2), le froid, sans être la cause première, semblerait avoir une grande influence sur l'apparition de la maladie.

E. — Discussion sur les causes du plomb

Il est probable que les premiers chercheurs qui étudièrent le plomb essayèrent de trouver un parasite dans les organes où s'extériorise la maladie, c'est-à-dire dans les feuilles ou les jeunes rameaux. Leurs insuccès — puisque le *Stereum purpureum* est localisé aux gros organes ligneux, troncs, charpentières ou racines — permettent de comprendre que l'on ait d'abord attribué la maladie à des causes physiologiques. Il est, à première vue, plus surprenant qu'une telle explication soit encore invoquée de nos jours.

Les difficultés qui existent à mettre en évidence le *Stereum purpureum* lorsque celui-ci est effectivement présent constituent sans doute la raison de cet état de choses. Ces difficultés, que nous allons examiner, sont les suivantes :

(1) Souche aimablement fournie par le Centre Technique du Bois (Paris) sous le n° 596 A.

(2) Le mot physiologique cache ici notre ignorance ; il convient toutefois, de distinguer cette forme grave du plomb (dont les symptômes sont ceux du plomb à *Stereum purpureum*) du plomb « physiologique » sans gravité dont nous avons parlé au début de cette étude.

— Le *Stereum purpureum* (au moins sur pêcher) suivant nos observations, ne fructifie que rarement et de façon capricieuse. Il est exceptionnel de trouver des carpophores sur des arbres malades encore vivants. Sur les arbres morts du plomb, ces carpophores qui se forment à la mauvaise saison ne sont pas non plus fréquents.

Selon CURZI (29), le taux d'humidité insuffisant du bois et l'implantation très profonde du mycélium seraient les facteurs empêchant ou limitant la fructification dans les conditions naturelles. Toute blessure favorisant la pénétration de l'eau dans les tissus augmenterait les possibilités de fructification sur un organe où s'est développé le champignon. C'est sans doute pour

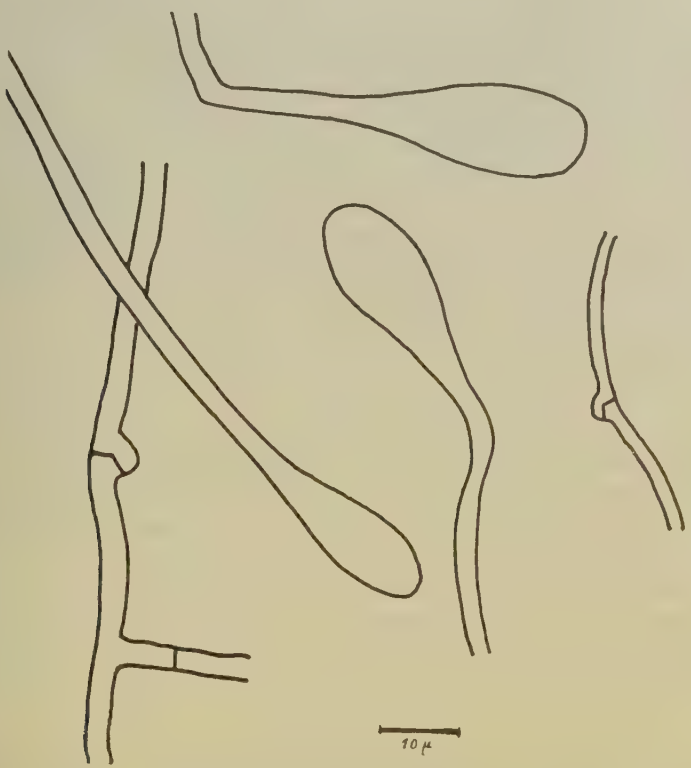


FIG. 2. — Aspect schématique du mycelium de *Stereum purpureum* en culture présentant des boucles et des renflements piriformes.

cela que nous avons pu observer assez souvent ces fructifications, ainsi que nous l'avons dit plus haut, à la suite d'inoculations artificielles de pêchers au niveau du tronc ; fréquemment, ces fructifications se localisaient non loin de la blessure (ou sur la blessure elle-même) ayant servi à réaliser l'infection.

On peut envisager aussi l'hypothèse de l'invasion des seules racines par le *Stereum purpureum*, ce qui suffirait à en empêcher la fructification (ou au moins à soustraire celle-ci à notre observation).

— L'isolement du champignon en vue de sa mise en culture, n'est pas toujours chose aisée. En effet, il n'est pas rare que les arbres atteints par le *Stereum purpureum* soient également envahis secondairement par d'autres Basidiomycètes, à rôle strictement saprophytique.

Le *Stereum purpureum*, par ailleurs, ainsi que l'a remarqué GROSJEAN (46) possède un rythme d'activité propre rendant difficile son isolement lors des périodes estivales. Il en est vraisemblablement de même sur pêchers où nous avons pu constater que la contamination par le champignon était impossible ou très difficile pendant les mois d'été.

— Enfin, l'identification elle-même du champignon en culture pose quelques problèmes. Le *Stereum purpureum* se présente en effet, sous forme de mycélium blanc, stérile, dont les hyphes possèdent des boucles comme un grand nombre de Basidiomycètes. Or, la détermination des Basidiomycètes en culture est toujours assez délicate. Elle fait appel d'une part, à des réactions biochimiques : croissance du champignon sur des milieux standardisés contenant de l'acide gallique ou du tannin (réaction de BAVENDAM). Nous avons utilisé personnellement la technique décrite par DAVIDSON et CAMPBELL (31). Le comportement du champignon sur divers milieux de référence peut donner d'intéressants résultats (ROBAK (68)).

D'autre part, l'observation détaillée du mycélium sert de base à la constitution de clés de détermination assez complexes (58) (77).

Dans le cas du *Stereum purpureum*, l'un des traits caractéristiques du mycélium est la présence de renflements piriformes signalés par plusieurs auteurs et probablement analogues aux formations existant sous l'hyménium des fructifications (27). Les formations piriformes ont pour WESTHUIZEN (77) la valeur de gloeocystides (fig. 2).

IV. — HOTES DU *STEREUM PURPUREUM*

Le plomb peut se manifester sur un grand nombre de végétaux ligneux. VIENNOT-BOURGIN (76) donne une liste de 27 espèces très différentes sur lesquelles le plomb a été observé, mais précise avec raison que le plomb reconnu sur ces végétaux n'était pas forcément de nature parasitaire.

De toute façon, le *Stereum purpureum* a été observé depuis longtemps sur beaucoup d'espèces forestières (48) ou fruitières. En ce qui concerne ces dernières, le plomb à *Stereum purpureum* existe sur Abricotier, Amandier, Cerisier, Pêcher, Poirier, Pommier, Prunier.

V. — RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DE LA MALADIE SON IMPORTANCE EN FRANCE

Le *Stereum purpureum* est un champignon assez universellement répandu et le plomb qu'il provoque a été signalé déjà dans maintes régions : Afrique du Sud, Nouvelle-Zélande, Canada, U. S. A.

En Europe, nous le trouvons outre la France, en Allemagne, Angleterre, (sur prunier spécialement), dans les Pays-Bas (sur prunier), en Italie (sur pêcher surtout), etc...

En ce qui concerne la France, le plomb constitue actuellement une maladie assez grave du pêcher. La maladie revêt évidemment plus d'importance dans les zones où cet arbre fait l'objet d'une culture intensive, c'est-à-dire dans le Sud-Ouest et le Midi (Basse Vallée du Rhône, Provence). Il est curieux de constater l'ampleur prise par la maladie durant ces dernières années. Tandis que jadis, le plomb frappait des arbres âgés, ne recevant pas de soins particuliers,

on constate que de plus en plus, le mal atteint des plantations d'arbres jeunes conduits suivant des méthodes de culture modernes. Cette constatation dont nous essaierons d'examiner plus loin les causes, justifie l'intérêt que porte à la question la Station de Pathologie Végétale du Sud-Ouest depuis quelques années (41).

VI. — LES SYMPTOMES PROFONDS DE LA MALADIE

A. — Anatomiques et cytologiques

Nous avons décrit plus haut les symptômes les plus frappants de la maladie du plomb, c'est-à-dire ceux qui sont visibles de l'extérieur et que remarquera n'importe quel observateur. Mais à côté de ceux-ci, il existe d'autres symptômes qui ne peuvent être qualifiés de secondaires, et cependant décelables seulement par un examen plus poussé du sujet atteint.

Prillieux (66) avait déjà remarqué que, dans les feuilles plombées, l'épiderme se séparait du tissu palissadique sous-jacent, créant ainsi des méats où s'introduisait de l'air (fig. 3).

Arnaud (2) (fig. 3) a montré qu'il existait également dans la paroi externe de l'épiderme des feuilles plombées tout un réseau de canalicules aérifères, tandis que Cifferi (24) a signalé le décollement de la cuticule chez le pêcher et le prunier.

Il y a donc dans les organes plombés une absence de cohésion de tous les éléments cellulaires — y compris ceux des parenchymes — qui peut conduire à une dissociation rapide de l'ensemble.

Une simple coupe pratiquée à main levée dans une feuille malade permet de s'en rendre compte par l'examen de nombreuses cellules — ou groupes cellulaires — nageant dans le liquide d'observation.

Tetley (73) en 1932 a eu le mérite d'étudier l'anatomie, non plus des feuilles plombées ayant atteint leur développement maximum, mais celle d'organes plus jeunes et en particulier des bourgeons des rameaux malades. Les études cytologiques réalisées par cet auteur ont montré que, dès le stade méristématique, on pouvait relever des différences notables entre les feuilles saines et les feuilles malades. En particulier, il existe selon Tetley, dans les futurs parenchymes des organes plombés, des cellules dont les noyaux sont incapables de toute division. L'arrêt des divisions dans ces tissus, tandis que se poursuit la croissance de l'épiderme, rendrait compte du manque de cohésion observé dans les parenchymes et de la formation de nombreux méats.

Tuttin (75) a remarqué que les feuilles de pommiers plombées contenaient moins de pectine que les feuilles saines, ce qui pourrait expliquer les observations précédentes, puisque l'on sait que la membrane mitoyenne des cellules est constituée principalement par des composés pectiques.

B. — Symptômes secondaires

Un autre symptôme — secondaire cette fois — mais qui a été signalé par de nombreux auteurs, est la présence de zones brun-noirâtre bien visibles dans les coupes transversales au niveau des charpentières, troncs ou racines des arbres malades. Cette altération correspond à l'accumulation de gommes dans les vaisseaux du bois.

VII. — HYPOTHÈSES SUR L'ORIGINE DES TROUBLES CONSTATÉS

A. — Le reflet argenté

On admet depuis PRILLIEUX et ARNAUD, que le reflet argenté des feuilles malades résulte de l'introduction d'air entre le tissu épidermique et le parenchyme ou bien dans les canalicules aérifères dont il a été question plus haut, ou plus généralement, dans les méats intercellulaires.

Il ne s'agirait donc pas d'une modification de teinte à proprement parler, car la chlorophylle des feuilles malades ne paraît pas altérée, mais d'une impression visuelle produite par exemple, par des réflexions totales de la lumière dans les méats (66).

B. — Les zones brunes du bois

Les zones brunes observées, nous l'avons vu, résultent de l'accumulation de gommes dans les vaisseaux. BROOKS et MOORE (18) qui ont étudié cette formation de gomme ont pensé qu'il s'agissait de barrières s'opposant à la progression du champignon parasite.

Cette théorie qui a été contestée par divers auteurs et notamment LUTZ (53) et GROSJEAN (46) n'est plus guère admise actuellement.

En réalité, cette formation de gomme, qui traduit une réaction de l'arbre à l'invasion par un champignon, ne saurait constituer un symptôme spécifique de la maladie du plomb. On observe en effet, très facilement de telles zones brunes dans le bois situé au-dessous des blessures dues à la taille, blessures qui servent de voie d'accès à une multitude d'organismes tant saprophytes que parasites (40). De plus, la présence d'une telle altération dans le bois d'arbres tués par le champignon suffit à convaincre de l'inefficacité de cette prétendue barrière.

C. — Autres symptômes

Nous avons vu plus haut, que le manque de cohésion des cellules et des tissus des feuilles était un des traits marquants de la maladie de même que la formation de méats aérifères à l'intérieur de celles-ci.

La diminution du taux de pectine, base du « ciment » intercellulaire a été invoquée par TUTTIN (75) pour expliquer le premier de ces phénomènes, tandis que la création de méats résulterait pour TETLEY (73) d'une action mécanique : accroissement normal — ou presque — de l'épiderme, croissance limitée des tissus des parenchymes sous-jacents.

On sait que dans la cellule, les matières pectiques, constituants principaux de la membrane mitoyenne, se trouvent insolubilisées sous forme de pectate de calcium. Si ce calcium fait défaut, les substances pectiques solubles peuvent alors être facilement entraînées et ne plus ainsi jouer leur rôle de « ciment » intercellulaire. C'est pourquoi on a parfois pensé qu'une carence en calcium pouvait être responsable du plomb (1). Cette hypothèse, bien improbable, étant donné la répartition de la maladie dans des sols très divers, souvent largement pourvus en cet élément, a été rapidement abandonnée.

On peut cependant envisager, non plus une carence, mais, ce qui reviendrait au même, l'immobilisation du calcium sous une forme quelconque, par exemple sous forme d'oxalate. La présence de nombreux cristaux d'oxalate

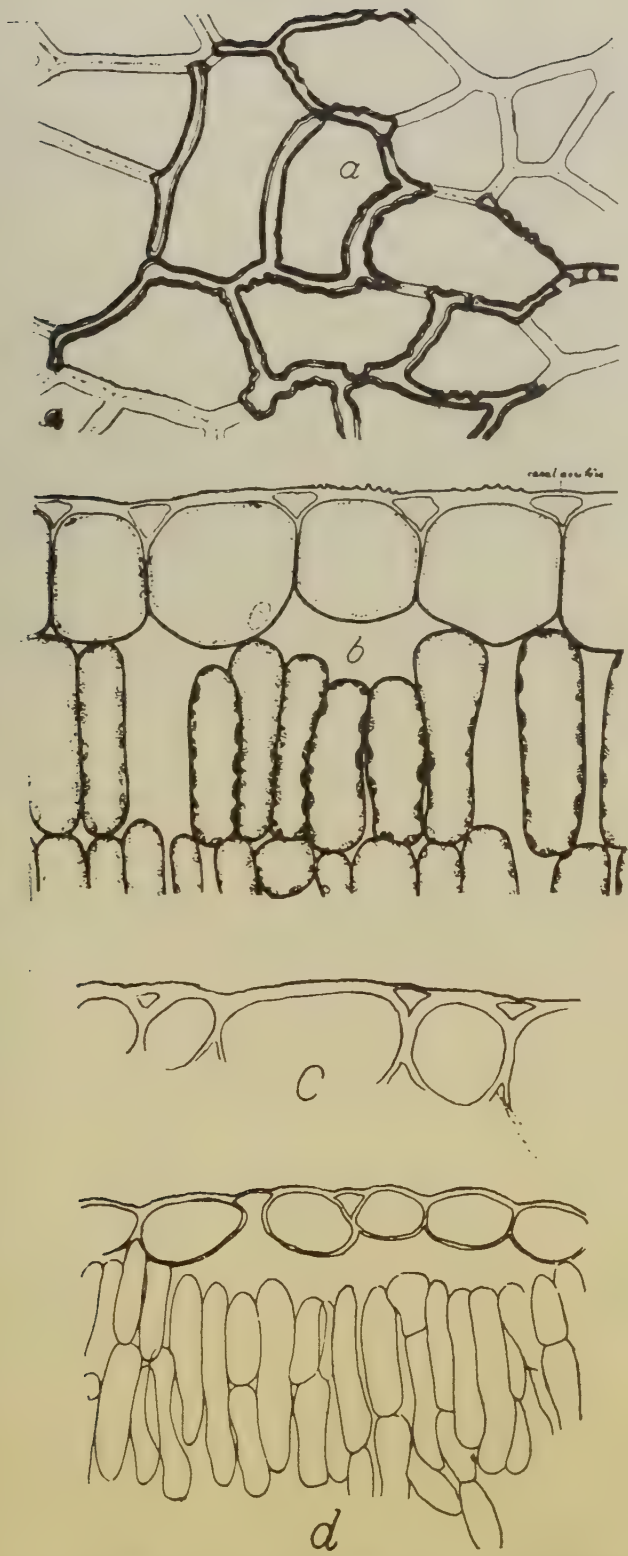


Fig. 3. — *a* et *b* (d'après Arnaud). Épiderme supérieur de feuille de prunier plombé, vu de face, présentant des canalicules subcuticulaires. Coupe transversale d'une feuille plombée. *c* et *d* (d'après Prillieux et Arnaud). Coupe d'épiderme plombé. Coupe dans une feuille plombée montrant le décollement de l'épiderme.

de calcium a en effet, été démontrée par PETRI (61) dans les feuilles d'un pêcher plombé.

Plusieurs auteurs ont émis l'hypothèse d'une sécrétion enzymatique pectolytique de la part du *Stereum purpureum*. MAYO en 1925 (55) a pu mettre en évidence une pectinase par extraction alcoolique des carpophores. Nous-mêmes, avons recherché les enzymes pectiques dans les filtrats de culture pure du champignon (37) : nous avons pu conclure que cette sécrétion n'existait que dans le cas exceptionnel où le substrat contient de la pectine comme principale source de carbone.

La désagrégation des tissus observée ne résulte donc vraisemblablement pas d'une sécrétion d'enzyme pectique d'origine fongique, bien que CIFFERI (24) ait montré la présence dans les feuilles plombées, d'enzymes pectiques en plus grande quantité que dans les feuilles saines. BROOKS et MOORE (18) puis BROOKS et BRENCHLEY (16) ont montré que le *Stereum purpureum* produisait en culture au moins deux toxines de nature non enzymatique, responsables, l'une de l'aspect plombé du feuillage, l'autre des nécroses que l'on observe également sur les feuilles des végétaux touchés fortement.

La nature chimique de ces toxines nous est encore inconnue et toutes les hypothèses sont donc permises pour expliquer leur action (action directe sur la multiplication des cellules des parenchymes, action complexante vis-à-vis du calcium, stimulus favorisant la sécrétion, par l'hôte lui-même, d'enzymes pectiques, etc...).

VIII. — PROPAGATION DE LA MALADIE

La maladie du plomb ne revêt fort heureusement jamais un caractère épidémique au sens où on l'entend d'ordinaire : affection se généralisant rapidement à partir d'un ou plusieurs foyers parfois très éloignés. Elle frappe, nous l'avons vu, des arbres disséminés dans le verger, au hasard apparemment.

Si l'on admet pour cause essentielle de la maladie, l'action du *Stereum purpureum*, nous pensons qu'il est important de savoir si la propagation de la maladie se réalise par les parties aériennes (tronc et grosses branches) ou bien par le sol (racines), ces deux hypothèses étant également plausibles.

A. — Par les parties aériennes

La plupart des auteurs s'accordent à penser que le *Stereum purpureum* pénètre dans l'arbre à la faveur des blessures (réalisées par l'homme lors de la taille ou encore accidentellement) au niveau des grosses branches ou du tronc. Plusieurs arguments justifient cette idée :

— Il est possible d'isoler le champignon à partir d'une charpentière lorsque celle-ci présente un feuillage plombé, tandis que les racines, parfois même le tronc, sont encore apparemment sains.

— L'ablation d'une branche plombée suffit parfois à arrêter l'extension de la maladie, prouvant ainsi que l'on a éliminé du même coup l'agent responsable qui s'y trouvait.

— Il arrive que la maladie dans un verger paraisse liée à la proximité d'un bois ou d'un dépôt d'anciennes souches abandonnées, c'est à-dire à l'existence possible d'organes sporifères du *Stereum purpureum* qui, on le sait, peut végéter en saprophyte sur divers débris.

— Enfin, la contamination d'un arbre à la faveur d'une blessure du tronc ou des charpentières est la technique employée généralement par la plupart des expérimentateurs. Nous l'avons nous-mêmes utilisée fréquemment avec des résultats très satisfaisants.

B. — **Par le sol**

Les possibilités d'infections d'un arbre par le *Stereum purpureum* à partir des racines ont été démontrées il y a déjà longtemps par PICKERING (63) et PERCIVAL (59).

La présence du champignon dans les racines, que nous avons constatée fréquemment, peut être interprétée de deux façons différentes :

— Le champignon ayant pénétré par les parties aériennes de la plante, s'est développé jusqu'à atteindre les racines. Nous avons ainsi souvent observé des arbres inoculés artificiellement au niveau du tronc et dont les rejets émis par le porte-greffe après la mort du sujet présentaient la teinte plombée caractéristique ;

— Le champignon a envahi les racines en premier lieu.

Ce dernier point ne paraît pas avoir été pris en considération par la plupart des auteurs qui depuis GUSSOW ont étudié la question du plomb.

Nous donnerons à l'appui de cette thèse plusieurs arguments valables, au moins dans le cas des pêchers plombés du Sud-Ouest de la France :

— à plusieurs reprises, nous avons isolé le champignon à partir des racines d'arbres malades, tandis que le parasite ne se trouvait pas dans le tronc et les branches ;

— très souvent, les arbres atteints de plomb dans un verger, sont situés dans des endroits où le sous-sol est plus humide. De même les irrigations semblent favoriser l'apparition ou l'extension de la maladie (33) ;

— on observe dans la nature de très nettes différences de sensibilité suivant le porte greffe employé. Si, comme l'a montré GROSJEAN (47) le porte-greffe confère au sujet des qualités propres de résistance ou de sensibilité à la maladie, on peut penser que ces différences seront encore plus marquantes en cas d'attaque directe de ce porte-greffe ;

— le *Stereum purpureum* possède des aptitudes saprophytiques qui lui permettent de vivre dans le sol. *In vitro*, nous avons pu cultiver le champignon sur de la terre ou du terreau riche en matières organiques, avec ou sans autoclavage préalable. (Dans ce dernier cas, d'ailleurs, le développement du champignon peut être limité ou annulé par le jeu des antagonistes).

Nous avons pu provoquer artificiellement le plomb chez des pêchers, soit en inoculant directement des racines blessées, soit en incorporant au sol un inoculum judicieusement préparé, au voisinage des racines des arbres :

— des chercheurs allemands STELLWAAG-KITTLER et HEIMANN (72) ont montré que le plomb pouvait se propager d'un arbre malade à un arbre sain, par le simple contact des racines ;

— la propagation du *Stereum purpureum* par le sol explique également en partie l'accroissement de la maladie qui s'observe dans les vergers de pêchers de grande culture dont le système radiculaire très superficiel est constamment blessé par le passage des instruments aratoires, ménageant ainsi des voies d'entrées au parasite ;

— enfin, la rareté des fructifications du *Stereum purpureum* sur les pêchers peut s'expliquer si l'on admet que le champignon végète surtout dans les parties

souterraines. Même si, selon GUSSOW (51), ces fructifications peuvent se trouver sur des organes souterrains, elles sont certainement rares et échappent facilement à notre observation.

IX. — LES MÉTHODES DE LUTTE

Il semble difficile d'établir, à priori, quel est celui de ces deux modes de propagation (par les parties aériennes ou par le sol) qui prévaut dans les conditions naturelles : suivant les cas, il pourrait s'agir de l'un ou de l'autre, ainsi, le cas des pruniers étudié par BROOKS en Angleterre diffère certainement de celui que nous observons sur les pêchers du Sud-Ouest. D'ailleurs, les deux processus par lesquels s'établit l'infection peuvent exister côte à côte. Ce sera le cas, évoqué plus haut, de l'arbre contaminé par exemple au niveau d'une charpentière et dont les racines, progressivement envahies vont héberger le parasite. Après la mort et l'arrachage de l'arbre, les débris de racines qui subsistent vont constituer dans le sol une source d'inoculum. On pourrait, réciproquement, concevoir une première contamination par les racines, puis la progression du parasite dans le tronc au niveau duquel il fructifierait éventuellement.

Cependant, l'importance de la distinction que l'on établira dans le mode de propagation de la maladie est évidente, car de là dépendent les méthodes de lutte que l'on pourra envisager.

Or, jusqu'à présent, les seules méthodes de lutte directe que nous connaissons, sont établies en fonction d'une éventuelle contamination à la faveur des blessures des organes aériens. Sous cette optique, nous envisagerons donc la lutte curative, puis la lutte préventive.

A. — Les méthodes de lutte curative

Nous mentionnerons, tout d'abord, la technique qui consiste simplement à couper la ou les branches atteintes. Ceci n'est évidemment réalisable qu'au début de la maladie.

L'efficacité de ce procédé peut être totale, si par exemple, le champignon ayant pénétré par une blessure de taille, il est possible de l'éliminer complètement par l'ablation de l'organe atteint. Mais, cette élimination complète n'est évidemment pas vérifiable par l'arboriculteur. Bien entendu, tous les débris ligneux devront être rapidement incinérés.

Toutes les autres techniques qui ont été décrites consistent à apporter dans le bois de l'arbre (tronc ou charpentières) des produits à action fongicide, non phytotoxiques.

GROSJEAN (44) avait signalé déjà l'intérêt du sulfate d'oxyquinoléine qui réunit précisément ces deux conditions : inocuité vis-à-vis de l'arbre, action fongicide vis-à-vis du *Stereum purpureum* (*in vitro*, nous avons obtenu l'inhibition totale de la croissance à la concentration de 10^{-5}) et qui de plus, grâce à sa parfaite solubilité pourra pénétrer facilement les tissus de l'arbre.

Sur des pêchers, le sulfate neutre d'orthoxyquinoléine que nous avons employé soit à l'état pur, soit en solution aqueuse par injection dans le tronc ne nous a jamais donné des résultats évidents. La technique d'injection d'un liquide dans un arbre pose d'ailleurs des problèmes pratiques délicats à résoudre :

entre autres, le nombre de trous d'injection ne peut être multiplié sans causer de préjudice à l'arbre et de plus la méthode ne saurait être mise en œuvre par bien des arboriculteurs, en général peu entraînés à un travail de ce genre.

B. — **Les méthodes de lutte préventive**

Celles-ci consistent principalement en une hygiène des plaies de taille qui a été préconisée déjà depuis fort longtemps.

Toutes les blessures importantes, les seules susceptibles d'être envahies par le *Stereum purpureum* devront être rapidement enduites d'une peinture ou d'un mastic fongicide.

Un grand nombre de produits ont été expérimentés par différents chercheurs. En France, les spécialités du commerce à base de produits mercuriques ou de quinoléine peuvent certainement être employées dans ce but.

En Angleterre, Brooks ayant remarqué que les pruniers étaient difficilement infectés par le *Stereum purpureum* pendant la saison chaude a préconisé la taille de ces arbres au début de l'été et non pas en hiver comme on le fait habituellement.

En 1956, Grosjean (46) reconnaissait que cette méthode gardait encore sa valeur.

Dans le cas du pêcher, on constate également, ainsi que nous l'avons dit plus haut, une très nette diminution de la sensibilité des arbres pendant l'été, toutefois, la taille en vert à cette saison est agronomiquement parlant, difficile à conseiller dans nos régions.

C. — **Discussion**

Les techniques de lutte qui viennent d'être exposées sont très imparfaites et d'une efficacité le plus souvent limitée.

L'injection d'un produit fongicide dans le tronc présente, nous l'avons vu, de graves inconvénients et ne donne pas pour cela des résultats probants.

Dans le cas du pêcher, la taille en vert se conçoit difficilement. Que penser de l'hygiène des plaies de taille ?

Il est certain que l'arboriculteur néglige très souvent de traiter ces plaies, ou, s'il le fait, c'est après un délai assez long, lorsqu'il en a le temps — c'est-à-dire trop tard, une fois que l'infection est réalisée.

Cependant il faudrait se garder d'accorder une importance excessive à ces règles d'hygiène dont l'observation, pratiquement ne semble pas avoir limité dans le Sud-Ouest l'extension du plomb. (De plus le nombre de cas de maladie est souvent infime parmi les arbres de plantations négligées ne recevant aucun traitement fongicide).

En effet, les blessures de tout genre sont envahies rapidement par des organismes très divers, saprophytes ou parasites. La compétition ou l'antagonisme qui s'exerce entre eux par la suite, contribuera à limiter l'envahissement de la blessure par d'autres espèces. Brooks tout en interprétant différemment le phénomène avait noté qu'une blessure de un mois s'infecte plus difficilement qu'une blessure fraîche. Pour notre part, nous avons montré (40) que l'on pouvait isoler des plaies de taille de pêcher divers saprophytes et notamment le *Cytospora leucostoma*. Nous avons ensuite mis en évidence l'antagonisme *in vitro* de *C. leucostoma* et de *S. purpureum*.

Enfin, il convient de signaler que toutes les méthodes de lutte qui viennent

d'être décrites ne présentent d'intérêt que si la contamination par le *Stereum purpureum* se réalise par les parties aériennes, ce qui n'est sans doute pas toujours le cas, en raison de ce qui a été dit plus haut.

Dans une situation donnée, l'échec de ces méthodes peut faire penser que l'on a à faire à la contamination par le sol, si la preuve n'en n'a pas encore été faite.

D. — Conseils d'ordre cultural

Pour éviter l'extension du plomb, on a conseillé depuis longtemps un certain nombre de mesures ou de précautions d'ordre cultural apport de fumures équilibrées, choix d'un terrain convenant bien à la culture de l'espèce envisagée, etc...

Le simple bon sens pouvait d'ailleurs suggérer de telles pratiques, surtout chez ceux qui considèrent le plomb comme une maladie ayant des causes physiologiques. Cependant, ces mesures conservent toute leur valeur même si l'on admet que le *Stereum purpureum* est le premier responsable de cette affection.

On peut en effet penser qu'un arbre bien nourri et vigoureux résistera mieux qu'un autre à l'infection par un parasite. Cette idée est d'autant plus vraie dans le cas du *Stereum purpureum*, champignon qui se situe à la limite entre le saprophytisme et le parasitisme et elle est justifiée entre autres par l'observation d'un certain nombre de guérisons spontanées, parmi les malades.

D'une façon plus précise, il faudra éviter toute pratique conduisant à la dégradation de la structure des sols et à la constitution d'un milieu asphyxiant pour les racines : irrigations excessives en sol nu, tassement exagéré du terrain par les passages répétés d'instruments lourds.

Les fumures seront équilibrées et réparties de façon à éviter un enracinement insuffisant et trop superficiel (fréquent chez le pêcher greffé sur franc).

En effet, le développement des parties aériennes des arbres parait bien souvent disproportionné par rapport au système radiculaire auquel on prête moins d'attention.

Par ailleurs, un enracinement profond limite les dégâts inévitables produits sur les racines par le passage d'instruments aratoires (disques). Enfin, l'enherbement du verger peut avoir aussi un effet salutaire.

Les rapports entre le plomb et les techniques culturales ont d'ailleurs fait l'objet d'études de notre part, en liaison avec la Station d'Agronomie (41). Il s'agissait là, à notre sens, d'un aspect très important de la question dans les situations où le plomb peut être considéré comme une maladie transmise par le sol.

CONCLUSION

La maladie du plomb, bien que connue depuis près de trois quarts de siècle, reste encore pour nous assez mystérieuse par bien des aspects.

Malgré le progrès de nos connaissances dans le domaine de la pathologie végétale, les opinions concernant le plomb restent encore très partagées et divergent encore sur des points aussi essentiels que la cause elle-même de la maladie.

Dans le cas de l'hypothèse parasitaire, nous avons peu de données précises sur le mode de propagation de cette affection.

C'est assez dire combien sont encore nécessaires des études de base sur ce sujet, si théoriques soient-elles.

On ne saurait cependant blâmer tous ceux qui, de bonne heure, ont cherché des remèdes à cette maladie, poussés par son importance grandissante.

Si le plomb constitue encore un échec pour le phytopathologiste, peut-être la solution naîtra-t-elle de la collaboration entre ce dernier et l'agronome ou le généticien ?

RÉSUMÉ

1. — La maladie du plomb est caractérisée par la teinte livide et les reflets métalliques des feuilles des végétaux atteints. Elle ne doit pas être confondue avec certains aspects plombés provoqués par des insectes ou des acariens ou encore certaines altérations sans gravité de nature physiologique.

2. — La maladie, au début, n'affecte que la teinte des feuilles. Plus tard, celles-ci s'enroulent ou se crispent. Au dernier stade de la maladie, on observe un rabougrissement très caractéristique des pousses avec formation de rosettes.

Le plomb frappe des arbres disséminés dans le verger ; ceux-ci peuvent n'être atteints que partiellement, au moins au début de la maladie.

3. — La plupart des auteurs pensent que le plomb est provoqué par un champignon le *Stereum purpureum*. Nous avons pu vérifier l'exactitude de cette affirmation dans le cas de pêchers plombés dans le Sud-Ouest de la France. Cependant, il n'est pas impossible que d'autres pathogènes soient, dans d'autres régions, responsables du plomb.

Certains auteurs considèrent le plomb tel que nous le décrivons comme une maladie physiologique, tandis que d'autres parlent d'une virose.

Les difficultés qui existent à mettre en évidence le *Stereum purpureum* sont examinées : elles peuvent peut-être expliquer les hypothèses sur la nature physiologique ou virologique de la maladie.

4. — Les symptômes profonds de la maladie consistent en un décollement des tissus épidermiques et palissadiques dont les cellules peuvent même se séparer les unes des autres. Il se crée ainsi des méats nombreux. L'origine des troubles observés est discutée.

5. — La maladie peut se propager en s'introduisant dans l'arbre par des blessures importantes du système aérien ou du système radiculaire.

6. — Il n'existe aucune méthode de lutte pleinement efficace. Curativement, quelques résultats ont cependant été obtenus par injection de produits fongicides dans le tronc ou les branches.

Préventivement, l'hygiène des plaies de taille peut être conseillée, mais n'a sans doute pas une efficacité intéressante.

Enfin, certaines techniques d'ordre cultural peuvent limiter l'extension de la maladie.

Reçu pour publication le 8 juin 1960.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) Aderhold (R.). — Milchglanz der Steinobst. *Zeitschr. f. Pflanzenkr.*, V, 86, 1895.

(2) Arnaud (G.). — Le « plomb » des arbres fruitiers. *Revue de Phytopathologie appliquée*, **1**, 8, 101-104, 1913.

(3) Arnaud (G.). — Maladies nouvelles ou peu connues en France. *Ann. Epiph.*, VI, 214-227, 1918.

(4) Arnaud (G.). — Traité de Pathologie végétale. Paris, 1931.
(5) Baker (S. M.). — Note on a new treatment for silver leaf disease in fruit trees. *Ann. of Bot.*, XXVII, p. 172, 1913.
(6) Bintner (J.). — Silver leaf disease : *Stereum purpureum*. *Bull. Miscell. Inform. Kew.*, 241-263, 1919.
(7) Blackmore (J. C.). — Annual report for 1909. *New Zealand Dep. of Agriculture*, p. 53.
(8) Borzini (G.). — Il mal del piombo del pero in Italia. *Boll. Staz. Pat. Veg. Roma*. N. S., XVI, 217-224, 1936.
(9) Borzini (G.) et Ceruti Scurti (J.). — Attachi di Basidiomiceti e manifestazioni di « mal del piombo » nelle prunoidee. I : Scopo delle ricerche e rassegna bibliografica. *Boll. Lab. Sper. e Osserv. di Fitopat.* Torino, I, 43-58, 1957.
(10) Borzini (G.) et Ceruti Scurti (J.). — Attachi di Basidiomiceti e manifestazioni di « mal del piombo » nelle prunoidee. Nota III Trasmissione sperimentale della malattia e prove orientative sui sistemi di lotta. *Boll. Lab. Sper. e Osserv. di Fitopat.* Torino I, 40-56, 1958.
(11) Brooks (F. T.). — Silver-leaf disease. I *Journ. Agric. Sci.*, IV, p. 133, 1911.
(12) Brooks (F. T.). — Silver-leaf disease, II. *Journ. Agric. Sci.*, V, p. 288, 1913.
(13) Brooks (F. T.) et Bailey (M. A.). — Silver leaf disease III. Including observations upon the injection of trees with antiseptic. *Journ. Agric. Sci.*, IX, 189-215, 1919.
(14) Brooks (F. T.) et Brenchley (G. H.). — Injection experiments on plum trees in relation to *Stereum purpureum* and silver-leaf disease. *New Phytologist*, XXVIII, **3**, 218-224, 1929.
(15) Brooks (F. T.) et Brenchley (G. H.). — Silver leaf disease VI. *Journ Pomol.*, **9**, 1, 1931.
(16) Brooks (F. T.) et Brenchley (G. H.). — Further injection experiments in relation to *Stereum purpureum*. *New Phytologist*, XXX, 128-135, 1931.
(17) Brooks (F. T.) et Brenchley (G. H.). — A note on the recovery from Silver leaf disease of plum trees on common plum and myrobolan stocks respectively. *Journ. Pomol. Hort. Sci.*, **13**, 135-139, 1935.
(18) Brooks (F. T.) et Moore (W. C.). — Silver leaf disease V. *Journ. Pomol.*, V, 2, 61-97, 1926.
(19) Brooks (F. T.) et Storey (H. H.). — Silver leaf disease IV. *Journ. Pomol.*, III, p. 1, 1923.
(20) Bruhl (C.). — Der Milchglanz der Obstbaüme. Geisenheimer Mitteilungen über Obst-und Gartenbau. Jahrg. 45, 185-186 (*Zentr. für Bakt.*, II Abt., 84), 1931.
(21) Ceruti Scurti (J.). — Attachi di Basidiomiceti e manifestazioni di « mal del piombo » nelle prunoidee. Nota II. Generalità sulla malattia nella sua diffusione nel Saluzzese e caratteri dei Basidiomiceti isolati delle piante colpite. *Boll. Lab. Sper. e Oss. di Fitopat.* Torino, I, 19-39, 1958.
(22) Ceruti Scurti (J.). — Aspetti fisiopatologici del « mal del piombo » del pesco. *Atti. Acc. Sci.*, Torino, **93**, 1959.
(23) Ceruti Scurti (J.). — Contributo allo studio istopatologico delle foglie di pesco affette da « mal del piombo ». *Atti. Acc. Sci.* Torino, **93**, 1959.
(24) Cifferi (R.). — Note sperimentali sul « mal del piombo ». *Riv. Pat. Veg.* XIII, 1-2, 1923.
(25) Cifferi (R.). — Esperienze ed osservazioni sulla « clorosi », sulla « rosetta » e sul « mal del piombo », nutrizionali del Pesco. *Boll. Staz. Pat. Veg.* Roma N. S. XIII, **4**, 432-536, 1933.
(26) Cunningham (G. H.). — Silver blight, *Stereum purpureum*, its appearance cause and preventive treatment. *New-Zealand, Journ. of Agric.*, XXIV, p. 276, 1922.

(27) Cunningham (G. H.). — Telephoraceae of New-Zealand. *Trans. of Roy. Soc. of N. Z.*, **84**, 2, 201-268, 1956.
(28) Curzi (M.). — Prime osservazioni su alcuni casi di mal del piombo. *Riv. di Pat. Veg.*, XVII, 20-22, 1927.
(29) Curzi (M.). — Il mal del piombo da necrosi e carie del legno in Italia. *Boll. Staz. Pat. Veg.* Roma. N. S. XIII, **4**, 566-590, 1933.
(30) Curzi (M.). — Lo « *Stereum purpureum* » nel mal del piombo in Italia. *Boll. Staz. Pat. Veg.* Roma, XIV, 117-124, 1934.
(31) Davidson (R. W.), Campbell (W. A.) et Blaisdell (D. J.). — Differentiation of wood-decaying fungi by their reactions on gallic or tannic acid medium. *Journ. Agric. Res.*, LVII, **9**, 682-695, 1938.
(32) Delacroix (G.). — Maladies des plantes cultivées. I. *Maladies non parasitaires*. Paris, 1927.
(33) Du Séjour (M.). — Communication sur l'irrigation. *Rev. Ec. Agric. Ste. Livrade*, 42-44, 1958.
(34) Gigante (R.). — Ricerche preliminari sul mal del piombo non parassitario del pesco in provincia di Ravenna durante gli anni 1949 e 1950. *Boll. Staz. Pat. Veg.*, Roma, Ser. III, **10**, 1-16, 1952.
(35) Ginzburg (B. Z.). — Evidence for a protein component in the middle lamella of plant tissues : a possible site for indolcacetic acid action. *Nature Lond.*, 4606, p. 398, 1958.
(36) Goidanich (G.), Branzanti (E. C.) et Togliani (F.). — Osservazioni sul mal del piombo del pesco in Emilia e Romagna. *Riv. di Frutticultura*, XIV, 1, 7-19, 1952.
(37) Grosclaude (C.). — Production d'enzymes pectiques adaptatives et de polyphénoloxydase par le *Stereum purpureum*. Pers. *C. R. Acad. Sci. Fr.*, **246**, 1273-1274, 1958.
(38) Grosclaude (C.). — Le plomb du pêcher. État actuel de la question. *Tarn-et-Garonne Agricole*, **6**, 1959.
(39) Grosclaude (C.). — Le plomb des arbres fruitiers. *XV^e Congrès International d'Horticulture*, Nice, 1958 (sous presse).
(40) Grosclaude (C.). — Sur le rôle antagoniste de *Cytospora leucostoma*. L'antagonisme *Cytospora leucostoma-Stereum purpureum in vitro*. *Bull. Trim. Soc. Mycol. Fr.* 76, 2, 163-170, 1960
(41) Grosclaude (C.) et Delmas (J.). — Le plomb du pêcher dans le Sud-Ouest de la France. *C. R. Acad. Agric. France*, **44**, 633-635, 1958.
(42) Grosjean (J.). — Het vraagstuk van de loodglansziekte bij vruchtboomen. *Tijdschr. Pl. Ziekt.*, XLIX, 172-178, 1943.
(43) Grosjean (J.). — Omwang en verloop van de loodglansziekte bij een aantal pruimenrassen in de betuwe, gedurende de jaren 1941 t/m 1946. *Tijdschr. Pl. Ziekt.*, LV, 212-221, 1949.
(44) Grosjean (J.). — Onderzoekingen over de mogelijkheid van een bestrijding van de loodglansziekte volgens de boorgat methode. *Tijdschr. Pl., Zickt.*, LVII, 103-108, 1951.
(45) Grosjean (J.). — Naturlijk herstel van loodglanzsiekte. *Tijdschr. Pl. Ziekt.* LVIII, 109-120, 1952.
(46) Grosjean (J.). — Jaarlijkse periodiciteit in de parasitaire activiteit van *Stereum purpureum*. *Tijdschr. Pl. Ziekt.* LXII, 226-235, 1955.
(47) Grosjean (J.). — Zijn pruimen op eigen wortel resistenter tegen loodglansziekte dan pruimen op onderstam? *Meded. Dir. Tuinb.* XXII, **8**, 437-440, 1959.
(48) Guinier (P.). — Sur la biologie de deux champignons lignicoles. *Stereum purpureum* et *Stereum hirsutum*. *C. R. Soc. Biol.* CXII, **13**, 1363-1366, 1933.
(49) Gussow (H. T.). — Report of the Domin, Botaniste. *Dept. of Agric. Canada*, p. 268, 1910.

(50) Gussow (H. T.). — Preliminary note on silver leaf disease of fruit trees. *Phytopathology*, **1**, 6, 177-179, 1911.
(51) Gussow (H. T.). — Der Milchglanz der Obstbaüme. *Zeitschr. f. Pflanzenkrank.* XXII, 385-401, 1912.
(52) Hariot (P.). — Le plomb des arbres fruitiers. *Bull. Soc. Path. Veg.*, **1** p. 32, 1914.
(53) Lutz (L.). — Sur la maladie du plomb des arbres fruitiers et la théorie de Brooks. *C. R. Acad. Agric. France*, **4**, 90-92, 1944.
(54) Massee (G.). — Conference on fruit growing. *Journ. Roy. Hort. Soc.*, XXX, 23-39, 1906.
(55) Mayo (J. K.). — The enzymes of *Stereum purpureum*. *New Phyt.*, XXIV, 162-171, 1925.
(56) Nicolas (G.). — Observations sur le plomb. *Rev. Path. Veg. et Ent.*, XII, **4**, 265-269, 1925.
(57) Nicolas (G.) et Rives (L.). — Un nouvel exemple de plomb. *Bull. Soc. Path. et Ent. Agric. France* XII, **1**, 124-126, 1925.
(58) Nobles (M. K.). — Studies in forest pathology VI. Identification of cultures of wood rotting fungi. *Canad. Journ. Res. Sec.* C., XXVI, **3**, 281-431, 1948.
(59) Percival (J.). — Silver leaf disease. *Journ. of Linn. Soc. Bot.*, XXXV, 390-395, 1902.
(60) Petherbridge (F. R.). — Notes on silver leaf. *Journ. Pomol. and Hort. Sci.*, V, 141-147, 1926.
(61) Petri (L.). — Sopra le cause che determinano le foglie plumbee o argentee degli alberi. *Ann. Ist. Sup. Forest. Naz.* Firenze, II, 467-475, 1917.
(62) Petri (L.). — Il mal del piombo del pesco. *Relaz. II congresso intern. di frutticultura Lugo.* (Ravenna), 125-143, 1928.
(63) Pickering (U. S.). — Woburn experimental Fruit Farm. *Rept.*, VI, 210-224, 234-235, 1906 et XII, 1-34, 1910.
(64) Pratella (G. C.). — Il « mal del piombo » del pesco. *Informatore fito patologico.* VII, **21**, 374-378, 1958.
(65) Pratella (G. C.). — Il mal del piombo del pesco in Emilia e Romagna *Convegno sulle virosi delle piante fruttifere.* Pavie, 1958.
(66) Prillieux (E.). — Le plomb des arbres fruitiers. *Bull. des Séances de la Soc. Nat. Agric. France*, **45**, p. 498, 1885.
(67) Putterill (V. A.). — Silver leaf disease of fruit trees and its occurrence in South Africa. *Dept. of Agric. Union of South Africa Bull.*, **27**, 1-19, 1923. (*R. A. M., II*, 1923, 451).
(68) Robak (H.). — Cultural studies in some Norweigian wood-destroying fungi (*Meddelelse n° 25, fra Vestlanets fortlige forsokstation*), Bergen, 1942.
(69) Smolak (J.). — Contribution to our knowledge of silver leaf disease. *Ann. of Appl. Biol.*, II, 138-157, 1915-1916.
(70) Sorauer (P.). — Handbuch der Pflanzenkrankheiten, 1909.
(71) Sordina (J. B.). — Observations sur le plomb. *Rev. de Path. et Ent. Agr.*, XIII, 217-218, 1926.
(72) Stellwaag-Kittler (F.) et Heimann (M.). — Institut für Pflanzenkrankheiten, Geisenheim. Bericht für das Rechnungsjahr, 1957-58, p. 35.
(73) Tetley (U.). — The development and cytology of the leaves of healthy and « silvered » Victoria plum trees. *Ann. Bot.*, **46**, 633-652, 1932.
(74) Togliani (F.) et Filocamo (E. F.). — Osservazioni su di un caso di « mal del piombo » parassitario del Melo. *Ann. Sper. Agr.*, N. S. VII, 1629-1638, 1953.
(75) Tuttin (F.). — The pectin contents of normal and silvered apple leaves. *Biochem Journ.*, **19**, 414-415, 1925.
(76) Viennot-Bourgin (G.). — Les champignons parasites des plantes cultivées. Paris, 1949.

(77) Van Der Westhuizen (G. C. A.). — Studies of wood rotting fungi : Cultural characteristics of some common species. *Bothalia*, VII, **1**, 83-107, 1958.
(78) Williams (H. E.) et Cameron (H. R.). — *Bull. Phytosan.* F. A. O., V, 4, p. 63, 1957.
(79) Wormald (H.). — Notes on the silver leaf disease. *Rept. E. Malling Res. Sta.*, 1935, 155-157, 1936 (*R. A. M.*, *XV*, 729).
(80) East Malling Res. Sta., *Ann. Rep.*, 1956, p. 29.
(81) X. — Hoe staat het met de bestrijding van de Loodglansziekte? De Rruitwereld, **4**, 23, 1959. (*Le fruit belge*, **220**, 186, 1959).

NOTE TECHNIQUE

MÉTHODES D'ÉLEVAGE AU LABORATOIRE DE QUELQUES CICADELLES VIVANT SUR GRAMINÉES

PAR

M^me G. RICOU.

Station de Zoologie agricole, Rouen.

Dans le cadre de nos études portant sur la faune entomologique des prairies naturelles, et en vue de définir l'action de certaines Cicadelles sur la végétation, nous avons été amenée à essayer d'élever en laboratoire plusieurs espèces présumées nuisibles aux Graminées des prairies. Les élevages de Cicadelles sont difficiles à réaliser et, le plus souvent, les réussites enregistrées concernent des espèces arboricoles (1), car le maintien d'insectes suceurs vivants est plus facile à obtenir sur des rameaux feuillés plongeant dans l'eau que sur des tiges de Graminées, tiges toujours très fragiles.

I. — Les difficultés à vaincre

Elles sont surtout de trois ordres :

— La reconstitution des conditions abiotiques caractérisant la prairie de Graminées.

— La connaissance des particularités du mode d'alimentation des insectes.

— Au cours de l'élevage, le maintien en survie du végétal hôte, ou d'un de ses fragments, pendant un temps suffisamment long.

L'ambiance créée par le couvert végétal de la prairie est bien particulière. Ce couvert d'abord joue un rôle de tampon entre l'air et le sol en immobilisant une couche d'air au niveau du sol (de BACKER, 1952) ; de plus les feuilles de Graminées, au port vertical, arrêtent le vent. Lorsque l'air extérieur est très humide, nous avons noté (1957) que la température près du sol se maintenait plus élevée qu'à quelques centimètres de hauteur, et que, au contraire, elle s'égalisait pour diminuer, par suite de l'évaporation accrue, lorsque l'hygrométrie de l'air n'atteignait plus que 60 p. 100.

L'état hygrométrique dans les couches avoisinant le sol est de 10 à 20 p. 100 plus élevé que celui de l'air, lequel est en général de 70 à 95 p. 100 ; ses variations sont d'ailleurs de plus en plus sensibles lorsque l'herbe tend à devenir rase par l'action du pâturage. L'eau de pluie ne parvient que lentement au pied des plantes, interceptée par la surface foliaire de la végétation qui

(1) Ainsi, R. RÉGNIER a toujours réalisé avec succès l'élevage des Aphrophores et du *Jasside Idiocerus populi* L., sur Peuplier (1920).

égale trois à vingt fois celle du sol recouvert ; plus cette végétation est dense, plus le micro-climat demeure régulièrement humide à la base des plantes (Clark, 1940).

Les rayons solaires traversent mal le fouillis des herbes ; des radiations sont interceptées et, au sol, ne parviennent plus que les vertes et les infrarouges (Chauvin, 1952).

Les caractéristiques d'un milieu d'élevage doivent donc être : température non uniforme, mais sans grands écarts ; humidité élevée, mais sans saturation ; éclairement moyen le jour et nul la nuit (1).

Les espèces que nous nous proposons d'élever sont polyphages, fait à rapprocher d'autres remarques montrant que la spécificité de nombreux suceurs vis-à-vis des Graminées est faible (Marchand, 1953).

Selon les espèces, les stylets piquent le parenchyme et vident les cellules, provoquant des stigmonoses, ou ils atteignent les vaisseaux libériens et les désorganisent tout en pompant la sève, provoquant des troubles physiologiques. (Pesson, 1951). Ce mode de prélèvement des aliments oblige soit à disposer d'une plante-hôte très vigoureuse, capable de refaire rapidement des pousses si on la laisse en place, soit à remplacer cette plante très souvent.

Le renouvellement très fréquent (2 à 3 fois par semaine) de la plante-hôte est impossible si l'on veut récupérer les pontes ; les œufs, en effet, sont insérés dans des petites fentes pratiquées par l'oviscapte dans les tiges ou les feuilles. Comptant en moyenne 15 jours pour obtenir l'éclosion (George et Davidson 1959), il nous faut garder les tiges en survie au moins pendant cette durée, et même davantage car le repérage de la ponte est impossible sur la plante, en cours d'élevage.

II. — Élevage du fulgoride : Calligypona pellucida F.

a) **Dispositifs.** — L'élevage s'est fait dans un laboratoire dont la température variait entre 18°C, le jour, et 12°C, la nuit ; l'éclairement était moyen. Nous avons établi une hygrométrie de 80-90 p. 100 environ. La nécessité de maintenir la plante assez longtemps, et les bons résultats obtenus par ailleurs, nous ont fait adopter le système classique du verre-tempête placé sur pot à fleur rempli de terre, pot portant à sa partie supérieure une plaque rapportée de gazon semé 2 à 3 mois auparavant dans un sol de limon ; on conserve 3 à 4 pieds vigoureux écartés les uns des autres pour éviter les moisissures.

Le bord inférieur du verre-tempête est un peu enfoncé dans la terre, afin de prévenir les évasions d'insectes ; la terre est couverte d'une rondelle en papier noir épais pour recueillir les exuvies qui tomberaient. Le bord supérieur est couvert de nylon à mailles fines.

L'arrosage a lieu tous les deux jours le long du verre tempête, de façon à bien mouiller la zone de terre qui s'étend entre le verre et le pot ; et il est réglé de manière à ne pas favoriser les moisissures qui se développent vite sur l'herbe : il faut éliminer de suite les brins qui se décomposent. De plus, il ne faut jamais de condensation d'eau sur les parois du verre car les ailes des Cicadelles s'y collent, ni de gouttes d'eau ruisselant sur le végétal.

Les Ray-grass anglais et Paturin des prés conviennent très bien pour le maintien de l'élevage (2).

(1) Dans les champs l'activité cesse de 1 h à 3 h (Hutchins, 1940).

(2) *Calligypona pellucida* F. appartiendrait (Nuorteva, 1958) aux espèces piquant les vaisseaux ; de ce fait si son action arrête la croissance des tiges attaquées, un système racinaire suffisant permet à la plante la formation d'autres pousses durant tout le cycle de l'imago.

Sur Dactyle, la mortalité des adultes est supérieure, et sur Fléole encore plus, cependant on y obtient la ponte et l'éclosion normales.

b) **Cycle évolutif obtenu.** — En partant de L3 prélevés dans la nature sur le sol de prairies et mis en élevage au début de mars, on obtenait, peu après, le stade nymphal et les adultes dès le 21 mars.

Les mâles vécurent de 8 à 15 jours, les femelles jusqu'à sept semaines.

Dès le 6 avril, donc 15 jours après l'apparition des adultes, nous observions les premiers L1, larves blanchâtres mesurant un peu plus de 1 mm. Cependant, les pontes ou l'éclosion des œufs se sont montrées très échelonnées, car les autres L1 n'apparurent qu'un mois et 5 jours plus tard. En un mois et demi elles redonnèrent des adultes (fin juin), les mues larvaires se succédant tous les 8 à 15 jours.

On peut d'ailleurs noter dans la nature, combien l'éventail des dates d'apparition de cette première génération est ouvert. Des adultes recueillis dans la bande de Paturin de notre terrain, le 20 avril, ont vécu jusqu'à la mi-juin, donnant des jeunes larves le 8 juin, donc de nouveaux adultes fin juillet ; de même dans une bande de blé au printemps.

III. — Essais d'élevage des Jassides

La même technique d'élevage nous a permis, pour diverses espèces d'*Aphrodes*, en partant de larves hivernant recueillies au printemps, d'obtenir des adultes, mais aucune ponte n'a encore été observée.

Avec *Macrosteles sexnotatus* Fall. nous n'avons pu avoir un cycle complet, malgré l'installation sur 5 pots semés en Ray-grass, de 100 femelles et 70 mâles, au début d'août. Par contre, en utilisant du Fromental et du Paturin et le verre-tempête étant remplacé par un haut manchon cylindrique de toile métallique fermé par une gaze (ambiance beaucoup plus sèche que dans le cas précédent) nous obtenions le cycle total, lequel a été de deux mois en été.

D'autres dispositifs d'élevage ont été étudiés afin de diversifier les possibilités d'observations.

Ainsi nous avons repris, avec les Cicadelles, le mode d'élevage que nous utilisons pour les larves de Tenthrèdes et basé sur l'emploi d'une boîte métallique (à film, grand format) pleine de terre tamisée, contenant un très petit flacon rempli d'eau additionnée d'une pincée des substances suivantes : ClK ; (PO_4) 2 Ca_3 ; NO_3K ; SO_4 Mg ; traces de fer. Dans cette solution plongent les racines d'un pied de Graminées, bloqué par un coton. Sur la boîte s'adapte exactement un verre tempête fermé par un nylon à fines mailles.

De cette façon, nous avons élevé, jusqu'au stade adulte, sur Blé, Orge, Avoine, toutes les espèces d'*Aphrodes* à partir de larves hivernant. Mais les piqûres, vraisemblablement dans les vaisseaux, des larves toujours fixées au bas des tiges, appauvrissent rapidement les plantes, malgré l'apport de la solution nutritive, et le maximum de durée des végétaux ne dépasse pas trois semaines. L'élevage de *Jassargus pseudocellaris* Fl. sur Paturin et de *Euscelis bilobatus* Wagn. sur Ray-grass, a été très difficile, les plantes mourant rapidement sans laisser aux pontes obtenues un délai suffisant pour éclore.

Nous inspirant du système d'isolement des rameaux d'arbres fruitiers (Ackerman, 1931), nous avons essayé d'isoler des feuilles de Graminées dans des tubes en rhodoïd contenant un couple de Cicadelles, afin de pouvoir examiner aisément la ponte, les mues et les dégâts.

On coiffe une feuille d'une touffe de Graminées repiquée en pot, à l'aide d'un manchon en rhodoïd fin de 8 cm sur 3 cm de diamètre, fermé d'un nylon à mailles fines collé ; le tube est perforé de trous d'épingle et percé d'une fenêtre de manipulation. La feuille est enfilée dans une fine fente pratiquée à travers le fond en tissu plastique mince. Le remplacement du couvercle par un coton est bien plus pratique, mais le milieu devient trop sec. Un autre système consiste à enfiler deux feuilles dans le même tube, mais à les faire ressortir, couvercle et fond étant en tissu plastique mince. Les feuilles s'y conservent mieux, mais la manipulation est difficile, même lorsqu'on sectionne le manchon en deux puis en le fermant par une bande collante.

Nous avons ainsi obtenu les mues et le maintien durant deux mois de larves de Fulgorides, mais le changement des tubes sur les feuilles est très délicat et doit être fréquent. Quant à *Macrosteles sexnotatus* Fall. pourtant mieux adapté à une ambiance sèche, il ne nous a pas donné de pontes et son action sur les feuilles semble spolier celles-ci trop rapidement pour que cette méthode lui convienne (espèce se nourrissant du contenu des cellules).

En conclusion, nous pouvons indiquer que l'élevage des Cicadelles des Graminées est possible, mais il doit faire appel à un ensemble de méthodes variées en fonction des particularités biologiques et alimentaires des espèces à l'étude et du sens des observations à faire.

Reçu pour publication le 14 *avril* 1960.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ackerman (A. J.), Isely (D.). — The leaf hoppers attacking apple in the ozarks. Washington. *Tech. bull.*, **263**, 40 p., 1931.

De Backer (S.). — Technique d'étude des microclimats en écologie terrestre. *Ann. Biol.*, 27-28, pp. 297-307, 1951-52.

Chauvin (R.). — Études d'écologie entomologique sur le champ de luzerne. I. Méthodes, sondages préliminaires. *Ann. Epiph.*, **1**, p. 61-81, 1952.

Clark (O. R.). — Interception of rainfall by prairie grasses, weeds, and certain crop plants. *Ecol. Monogr.*, **10**, p. 243-277, 1940.

George (J. A.), Davidson (T. R.). — Notes on life-history and rearing of *Colladonus clitellarius* Say. (Homop., *Cicadellidae*). *The Canad. Entom.*, XCI, n° 6, pp. 376-379, 1959.

Grasse (P. P.). — Traité de Zoologie. Tome X. Homoptères (Pesson P.), pp. 1390-1656, 1951.

Hutchins (R. E.). — Insect activity at a light trap during various period of the night. *Jour. Econ. Ent.*, **33**, n° 4, p. 654-657, 1940.

Marchand (H.). — Die Bedeutung der Heuschrecken und Schnabelkerfe als indikateren verschiedener Graslandtypen. *Beitr. z. Entom.*, **3**, pp. 116-162, 1953.

Nuorteva (P.). — On the nature of the injury to plants caused by *Calligypona pellucida* F. (Hom. *Areopidae*). *Ann. Entom. Fenn.*, **24**, n° 2, p. 49-59, 1958.

Régnier (R.). — Un ennemi du Peuplier : *Idiocerus populi* L. ou Cicadelle du Peuplier. *Ann. Epiph.*, VII, p. 377-385, 1920.

Ricou (G.). — Contribution à l'étude de la faune des prairies naturelles normandes. *Rev. Soc. Sav. Haute-Normandie*, **5**, p. 119-138, 1957.

NOTE TECHNIQUE

L'INSECTARIUM DE LA MINIÈRE

PAR

B. HURPIN

Laboratoire de Biocénotique et de Lutte biologique, La Minière.

I. — INTRODUCTION

Le développement des recherches biologiques en Entomologie exige de plus en plus la disponibilité de lots d'insectes homogènes au point de vue physiologique, exempts de maladies, comparables dans le temps et renouvelables si possible toute l'année (conditions qui ne sont jamais remplies lorsqu'on procède à la collecte dans la nature). C'est en fonction de ces impératifs que la plupart des recherches fondamentales en physiologie ou en toxicologie ont été réalisées sur des insectes hôtes de denrées faciles à conserver : Drosophiles, Mouches, Grillons, Blattes, etc...

Mais pour l'Entomologie Agricole ces espèces ne représentent qu'une très faible proportion des insectes nuisibles car ceux-ci sont essentiellement des phytophages, dont l'élevage permanent dans des conditions d'homogénéité physiologique n'est pas exempt de difficultés biologiques et techniques.

L'aménagement d'un Insectarium est une nécessité pour les recherches modernes d'Entomologie agricole et cette nécessité s'est imposée lors de la création du Laboratoire de Lutte Biologique de la Minière, notamment en raison de la spécificité d'action de la lutte biologique et plus particulièrement pour l'étude de l'utilisation des germes pathogènes qui présentent tous les degrés de spécificité depuis les virus propres à une espèce déterminée, jusqu'à certains champignons tels que les *Beauveria* parasites d'insectes appartenant à plusieurs ordres.

Dans l'étude d'un germe, il y a donc lieu de prévoir le contrôle de sa spécificité et par conséquent l'élevage préalable dans des conditions identiques des différentes espèces à soumettre à l'infection. Le cas de *Bacillus thuringiensis* est très significatif puisque ce microorganisme provoque l'intoxication de certains groupes de Lépidoptères et qu'il semble en épargner d'autres (Burgerjon et Grison, 1959) ; d'autre part les différentes souches de cette bactérie n'ont pas la même gamme de virulence pour des espèces d'Insecte variées.

De plus, pour la ou les espèces sensibles à une maladie, il est nécessaire avant de penser aux applications dans la nature, d'examiner de façon approfondie en Laboratoire (tests de micro ingestion, essais sur rameaux) les caractères de la virulence du germe et de préciser les conditions externes et les facteurs internes de nature physiologique qui en influencent les effets ; ces études ne peuvent être menées à bien qu'avec des insectes provenant d'élevages normalisés livrés au stade désiré au moment fixé par l'expérimentateur.

D'autre part, lorsque les méthodes chimiques ou bactériologiques sont inapplicables ou insuffisantes, la méthode de titrage biologique est parfois indispensable et doit être effectuée sur des insectes d'état physiologique rigoureusement défini et constant d'une série à l'autre. Par exemple BURGERJON (1957-1959) dose en « unités-biologiques » les préparations à base de *B. thuringiensis* avec des chenilles de *Pieris brassicae* en prémue du troisième stade.

Enfin, certains germes (Virus, Rickettsies) ne peuvent, dans l'état actuel de nos connaissances, être multipliés que sur organisme vivant, d'où la nécessité de disposer d'un grand nombre d'individus qui doivent être produits en élevage lorsqu'il est difficile de les ramasser dans la nature au moment opportun.

Ces exemples montrent toute l'importance d'un Insectarium pour les recherches en Entomologie appliquée en général et pour la lutte microbiologique en particulier. Aussi sur l'initiative du Professeur B. TROUVELOT, Directeur de la Station Centrale de Zoologie Agricole, il fut décidé en 1956 de créer dans la cadre de la Recherche Agronomique, un tel Insectarium comme annexe du Laboratoire de Lutte Biologique de la Minière.

II. — FONCTIONNEMENT DE L'INSECTARIUM

a) **Objectifs.** — Compte tenu des remarques précédentes, la mission principale de l'Insectarium est d'assurer la production de lots normalisés de nombreuses espèces d'insectes, surtout phytophages, à un stade rigoureusement déterminé, aussi identiques que possible quant à leur origine, à leur alimentation, exempts de maladie et élevés dans les mêmes conditions de température, d'hygrométrie et de photopériode, pour les besoins des tests et des recherches en cours au Laboratoire de Lutte Biologique. Le plus souvent, il est nécessaire d'obtenir des séries régulièrement échelonnées dans le temps, de façon à pouvoir répéter rapidement les expériences, ce qui suppose l'élevage à contre-saison.

En dehors des besoins du Laboratoire de Lutte Biologique, l'Insectarium doit accessoirement pouvoir satisfaire aux demandes d'autres laboratoires d'Entomologie : ainsi nous fournissons chaque année au Laboratoire de Phytopharmacie du Centre National de Recherches Agronomiques de Versailles plusieurs milliers d'œufs de Cheimatobie (*Operophtera brumata* L) pour des essais d'ovicides. Dans ce but, une liste des insectes disponibles en élevage avec indication de leur stade est envoyée périodiquement pour information aux laboratoires intéressés.

Pour accomplir cette tâche, l'Insectarium doit être en mesure :

1° De sélectionner des souches d'insectes indemnes de toute maladie.

2° De conserver ces souches et de les maintenir en bon état de façon à pouvoir les utiliser en temps voulu comme point de départ pour une multiplication.

3° De mettre au point les techniques d'élevage aussi bien pour l'entretien des souches que pour un élevage de masse : d'une façon générale les données de la littérature, quand elles existent, sont insuffisantes ; d'autre part, les méthodes utilisées doivent être constamment renouvelées et perfectionnées.

4° De produire soit toute l'année des séries de quelques centaines d'individus pour les tests biologiques, soit à certaines époques des lots de plusieurs milliers d'insectes de la même espèce pour la multiplication d'un germe ou pour effectuer des essais parcellaires dans la nature.

5° D'assurer la livraison des quantités demandées par le chercheur au stade désiré et à la date prévue de façon que le protocole expérimental soit respecté.

b) **Personnel.** — Nous-même, assumons la responsabilité du fonctionnement de l'Insectarium. Un Ingénieur, secondé par un agent technique est chargé de la conduite et du rendement des élevages de production ainsi que de la mise au point ou de l'amélioration des techniques ; tandis qu'un second technicien entretient les élevages de *Scarabeidae*, qui nécessitent des méthodes particulières, et réalise les essais sur la pathologie de ces Coléoptères.

Les prospections et les enquêtes dans la nature sur les gradations des principales espèces étudiées constituent le travail d'une personne qui effectue des prélèvements et des récoltes en vue de définir l'indice sanitaire des populations.

La documentation photographique : prise de vue, tirage, classement, justifie l'emploi d'une spécialiste.

Ces techniciens sont aidés par de la main-d'œuvre occasionnelle pour l'exécution de nombreuses tâches ne nécessitant pas de qualification professionnelle étendue.

En outre, le ravitaillement en végétaux durant toute l'année est confié à un Technicien spécialisé du Laboratoire de la Minière, qui doit en organiser la production suffisante par des méthodes culturales appropriées.

Enfin, l'Insectarium accueille souvent des stagiaires français ou étrangers intéressés par l'élevage de tel ou tel groupe d'insectes ou par ses incidences pathologiques.

III. — MÉTHODES ET MOYENS DE TRAVAIL

a) **La constitution de nouvelles souches** se fait de deux façons :

— soit par collecte de formes larvaires dans certains biotopes reconnus à la suite de prospections systématiques et dont quelques-uns font l'objet d'observations épidémiologiques régulières pour l'étude des « gradations » d'espèces intéressant particulièrement l'activité du Laboratoire : *Euproctis phaeorrhaea* DON ou *Melolontha melolontha* L par exemple ;

— soit par capture au piège lumineux des imagos de Lépidoptères : un piège type WILLIAMS (WILLIAMS 1951), muni d'une ampoule dont l'atmosphère enrichie en vapeurs de mercure produit une lumière riche en rayons ultra-violets, est installé au-dessus d'une cage de 2 m de haut à proximité de l'Insectarium. Tous les matins les papillons tombés dans cette cage sont ramassés ; les individus appartenant aux espèces recherchées sont mis en élevage, les autres sont tués et inclus dans les collections de référence et d'inventaire de la faune locale.

Plusieurs souches de *Noctuidae* actuellement en élevage tels *Agrotis C nigrum* L et *Feltia exclamationis* L ont cette origine.

b) **L'obtention de lignées d'insectes sains** suppose l'observation des règles fondamentales de prophylaxie : isolement des individus douteux dès l'apparition des premiers symptômes, élimination des malades, mise en quarantaine des insectes provenant de la nature, désinfection périodique des locaux et stérilisation systématique des récipients et des objets de manipulation, mais aussi le recours à des techniques dont l'étude est en cours telles que le dépistage des œufs contaminés suivant la méthode employée pour le « grainage » du Ver à Soie (PASTEUR) ou le contrôle de l'état sanitaire d'une population d'après les altérations de comportement présentées par les individus malades : modifications du géotactisme chez les larves de *Melolontha* atteints de rickettsiose (NIKLAS, 1957), changement dans le phototactisme des larves de *Malacosoma* (WELLINGTON).

Pour réaliser ces objectifs l'Insectarium dispose d'une pièce d'isolement pour la mise en observation des élevages douteux et d'une salle de quarantaine compartimentée en 4 cases pour les insectes nouvellement introduits : cette quarantaine ayant pour but d'éliminer aussi bien les insectes porteurs de germes pathogènes que les individus parasités par les entomophages.

Une chambre noire de 12 m^2 est spécialement aménagée pour les recherches sur le comportement.

c) **La réalisation d'élevages permanents ou semi-permanents** nécessite :

— d'une part l'étude du cycle de développement de l'insecte et en particulier la recherche des facteurs déterminant les arrêts de développement et la mise au point de techniques permettant l'élimination précoce de la diapause ;

— d'autre part l'alimentation des insectes élevés à contre-saison ce qui exige, soit le forçage des végétaux naturellement consommés, soit le recours à une alimentation de remplacement dans le cas d'espèces dont la polyphagie est suffisamment étendue.

Suivant les espèces ces trois conditions : élimination de la diapause, fourniture d'une plante-hôte en hiver, possibilité d'allotrophie, doivent être remplies séparément ou concurremment.

Ainsi la plupart des chenilles qui s'alimentent sur le chou, plante facile à obtenir toute l'année dans un état de fraîcheur relativement satisfaisant, constituent un matériel de choix pour l'entretien d'élevages permanents.

Mais parmi ces chenilles, il en existe qui ne présentent pas de diapause et par conséquent, dont l'élevage continu n'offre pas de difficultés majeures ; ce sont des *Noctuidae* du type *Agrotis ypsilon* ROTT ou *Polia oleracea* L, ou encore des espèces telles que *Pieris brassicae* L (GRISON et de SACY, 1956) ; tandis que d'autres comme *Mamestra brassicae* sont soumises dans les conditions normales à une diapause hivernale des chrysalides qui ne peut être évitée qu'en plaçant les larves dans des conditions bien définies de température et de photopériode (LEES, 1955).

Pour les espèces de Lépidoptères qui se nourrissent aux dépens d'un végétal saisonnier, nous cherchons, soit à prolonger la période de végétation de la plante-hôte, ce qui permet d'obtenir une ou deux générations supplémentaires de l'insecte, soit à remplacer l'aliment habituellement consommé dans la nature par un autre feuillage dont le forçage est plus aisé ou par un aliment artificiel. Ceci, bien entendu, pour des espèces dont l'hibernation n'est pas obligatoire ou dont la diapause peut être rompue par une méthode définie.

Comme exemple du premier procédé, nous citerons *Stilpnotia salicis* L, dont la chenille dévore les feuilles de Peuplier, avec une seule génération par

an sous notre climat (GRISON et de SACY, 1954). Par la taille des arbres au moment opportun et par le forçage de boutures en hiver, il est possible d'assurer le ravitaillement en feuillage de plusieurs générations annuelles.

Pour la seconde catégorie nous prendrons comme exemple *Orgyia antiqua* L. qui s'attaque aux feuilles des arbres fruitiers : pommiers, pruniers etc... dont nous avons obtenu l'élevage quasi-permanent en alimentant les chenilles avec des feuilles de chicorée (*Cichorium endiva* L.) pendant l'hiver ; ou bien encore *Earias insulana* BOISD, ravageur des capsules de cotonnier dont nous avons réussi l'élevage pendant plusieurs générations successives sur feuilles de rose trémière.

Dans certains cas il est nécessaire d'avoir recours à une alimentation artificielle (1). Ainsi, les imagos de *Cetonia aurata* L. sont nourris de pollen pendant l'hiver.

La pratique de l'allotrophie peut avoir des répercussions sur la physiologie et sur l'état sanitaire des insectes : par exemple la fécondité de *Cetonia aurata* nourri avec du pollen est décuplée par rapport à l'élevage sur fleurs (HURPIN, 1959) ; mais l'apparition d'une polyédrose dans les chenilles de *O. antiqua* paraît être en relation avec le changement de végétal, selon un processus précisé par VAGO (1953).

L'écueil que constitue la diapause peut être évité de diverses façons suivant les indications fournies par la littérature consacrée à chaque insecte : soit seulement une température élevée dans le cas de *Agrotis ypsilon* ROTT. ; soit à la fois une température élevée et une photopériode longue dans le cas de *Mamestra brassicae* L. (UCHIDA et MASAKI, 1954) ou encore un aliment particulier : feuillage jeune dans le cas de *Euproctis phaeorhaea* DON (GRISON 1947) ou bien une alimentation sur feuillage jeune associé à une photopériode longue dans le cas de *Stilpnotia salicis* L. (GRISON et de SACY, 1954).

Pour certaines espèces, l'état actuel de nos connaissances ne nous permettant pas d'envisager la rupture de la diapause, d'autres artifices sont alors employés pour échelonner les productions d'insectes ; chez *Malacosoma neustria*, par exemple, l'arrêt de développement embryonnaire ne pouvant être raccourci, les œufs sont conservés à basse température pendant plusieurs mois après la fin de l'hiver et sont prélevés périodiquement durant la belle saison et jusqu'à l'automne selon les besoins (GRISON et de SACY, 1954).

d) **Le respect des dates de livraison** exige une étude approfondie de la rapidité de développement des différentes phases du cycle évolutif de chaque insecte et le contrôle des différents facteurs qui la règlent ou qui déterminent l'homogénéité des lots : facteurs externes tels que la température, l'éclairement ou l'humidité mais aussi nature et qualité de l'alimentation. La fourniture d'insectes à une date définie est particulièrement importante pour les tests biologiques et les essais parcellaires qui demandent en général des centaines voire des milliers d'insectes.

Pour effectuer l'expérimentation préliminaire et ensuite procéder à l'élevage des quantités d'insectes demandées pour l'époque désirée par le chercheur, l'Insectarium comprend d'une part divers types de salles d'élevage et d'autre part les installations nécessaires à la culture et au forçage des végétaux.

(1) L'utilisation sinon systématique du moins plus largement étendue d'une alimentation artificielle ou synthétique exige de multiples et longues recherches et mises en poiut tachniques qui devraient etre reprises (GRISON, 1948).

Les élevages sont conduits soit sous abri à l'extérieur soit dans une grande pièce largement éclairée, exposée au Sud, soit en chambres climatisées. Celles-ci sont au nombre de 4 dont 3 sont fonctionnelles actuellement.

En outre, une chambre froide de 27 m³ permet d'entreposer aussi bien les insectes que les végétaux.

Pour la production des végétaux l'Insectarium dispose de plus d'un hectare de cultures variées et de verger. En hiver, des serres et des chassis abritent les végétaux consommés à cette période : chou, maïs, plantain etc... tandis qu'une pièce a été conçue spécialement à l'intérieur du bâtiment principal pour le forçage des plantes en pots et des rameaux. Une grande serre chaude devrait être également annexée à l'Insectarium.

e) **Les élevages pour la multiplication des germes pathogènes** se font en règle générale à l'extérieur de l'Insectarium pour éviter toute contamination : ils sont installés temporairement dans des locaux de campagne mais ils sont conduits par le personnel de l'Insectarium et réalisés suivant les normes définies pour les autres élevages.

Ainsi MM. Dusaussoy et Fresneau ont assuré la production de la matière première utilisée pour les traitements effectués en 1958 et 1959 au Mont Ventoux (Vaucluse) par poudrage de virus spécifique contre la Processionnaire du Pin ; à cet effet des élevages de 200 000 et de 400 000 chenilles de *Thaumetopoea pithyocampa* SCHIFF ont été conduits sur des branches de Pin préalablement infestées avec le virus (Martouret et Dusaussoy, 1959), dans des locaux spécialement retenus pour la circonstance. De même des parcelles éloignées des bâtiments sont consacrées aux plantations de Chou et de Plantain destinés aux élevages massifs en plein air de quelques espèces de Noctuelles pour la production de virus spécifiques contre ces Lépidoptères.

IV. — INSECTES EN ÉLEVAGE

Les insectes en élevage appartiennent actuellement à deux ordres : Lépidoptères et Coléoptères et pour ces derniers presque exclusivement à la famille des *Scarabeidae*. Ce sont en effet ces insectes qui font actuellement l'objet des travaux du Laboratoire de Lutte Biologique de la Minière : recherches sur les virus et sur *Bacillus thuringiensis* pour les Lépidoptères, études sur les maladies laiteuses et sur la rickettsiose dans le cas des larves de *Scarabeidae*. La plupart des Lépidoptères subissent systématiquement des tests préliminaires de sensibilité aux préparations à base de *B. thuringiensis* et tous les *Scarabeidae* sont infectés expérimentalement d'une part avec la souche de maladie laiteuse voisine de *Bacillus popilliae* Dutky issue de *M. melolontha* (Hurpin, 1959) et d'autre part, avec la rickettsie isolée de *M. hippocastani* (Dumas et Hurpin, 1959).

Des contrôles d'efficacité et la définition des normes d'utilisation des préparations à base de *B. thuringiensis* dans les conditions naturelles sont effectués en essais parcellaires sur quelques espèces : *Pieris brassicae, Pyrausta nubilalis, Acrolepia assectella, Tortrix viridana* par exemple.

Les recherches sur les possibilités de multiplication des virus et sur les modalités de déclenchement des épizooties sont réalisées principalement sur *Mamestra brassicae* et sur *Stilpnotia salicis* en ce qui concerne les *Borrelinavirus*, sur *Thaumetopoea pityocampa* et *Malacosoma neustria* en ce qui concerne les *Smithiavirus*.

En outre certaines études particulières sont conduites sur quelques espèces intéressant plus spécialement les chercheurs du Laboratoire : biocénose de *Euproctis phaeorrhea* ou de *Stilpnotia salicis* (M. P. GRISON), éthologie de *Hyponomeuta malinellus* (M. D. MARTOURET), écologie et éthologie de *M. melolontha* ou de *Cetonia aurata* (M. B. HURPIN), par exemple.

Insectes en élevage à l'Insectarium

Famille	Espèce
	LÉPIDOPTÈRES
Papilionidae	*Papilio machaon* L.
Pieridae	*Pieris brassicae* L.
	Pieris rapae L.
Nymphalidae	*Vanessa urticae* L.
Arctiidae	*Arctia caja* L.
	Spilosoma sp.
Noctuidae	*Agrotis C. nigrum* L.
	Agrotis ypsilon Rott.
	Euxoa segetum Schiff.
	Feltia exclamationis L.
	Triphaena pronuba L.
	Phytometra gamma L.
	Polia oleracea L.
	Mamestra brassicae L.
	Sesamia sp.
	Earias insulana BOISO.
	Heliotis peltigera SCHI.
	Laphigma exigua Hb.
	Lycophotia sautia Hb.
Lymantridae	*Dasychira pudibunda* L.
	Orgya antiqua L.
	Stilpnotia salicis L.
	Lymantria dispar L.
	Euproctis phaeorchaea H.
Notodontidae	*Phalera bucephala* L.
	Thaumetopoea pityocampa Schiff.
Saturnidae	*Samia Cynthia* Drury.
	Saturnia pyri Schiff.
	Saturnia pavonia L.
Bombycidae	*Bombyx mori* L.
Geometridae	*Abraxas grossulataria* L.
	Hibernia defoliaria. L.
	Hibernia marginaria Fab.
	Phigalia pedaria Fab.
	Alsophila aescularia Schiff.
	Operophtera brumata L.
Lasiocampidae	*Malacosoma neustria* L.
	Eriogaster lanestris L.
	Macrothylacia rubi L.
Pyralidae	*Ephestia kuehniella Z.*
	Galleria mellonella L.
	Pyrausta nubilalis Hb.
Tortricidae	*Tortrix viridana* L.
	Laspeyresia pomonella L.
Tineidae	*Hyponomeuta malinellus Z.*
	Acrolepia assectella Z.
	Phthorimaea ocellatella Boyd.
	HYMÉNOPTÈRES TENTHREDINIDAE
	Neurotoma flaviventris Retz
	Pristophora pallipes Lep.
	COLÉOPTÈRES
Carabidae	*Calosoma sycophanta* L.
Chrysomelidae	*Leptinotarsa decemlineata* Say.
	Melasoma popnli L.
Scarabeidae	*Melolontha melolontha* L.
	Melolontha hippocastani F.
	Amphimallon majalis Razm.
	Phyllopertha horticola L.
	Cetonia aurata L.
	Potosia cuprea F.
	Potosia morio F.
	Epicometis squalida Scop.
	Oxythyrea funesta Poda.
	Oryctes nasicornis L.
	Phyllognathus silenus Fab.

V. — DISPOSITION DES LOCAUX

L'Insectarium comprend un bâtiment principal sans étage de 40 m × 12 m pourvu partiellement d'un sous-sol et deux annexes : un pavillon de gardien et un garage-réserve de matériel auquel est adossé un abri de 7 m × 5 m pour les élevages à l'extérieur. C'est également dans cette annexe que se trouvent un ramier pour entreposer le feuillage au frais ainsi qu'un local étanche réservé aux désinfections des grandes cages et des objets volumineux par les vapeurs de formol.

A) **Le rez-de-chaussée du bâtiment principal** est constitué essentiellement de trois groupes de pièces (Planche I).

a) *Au centre* se trouvent deux pièces de travail et deux laboratoires de recherches (microscopie, histologie, physiologie) ; un de ces laboratoires est consacré aux études sur l'écologie et la pathologie des Vers blancs. Près d'un

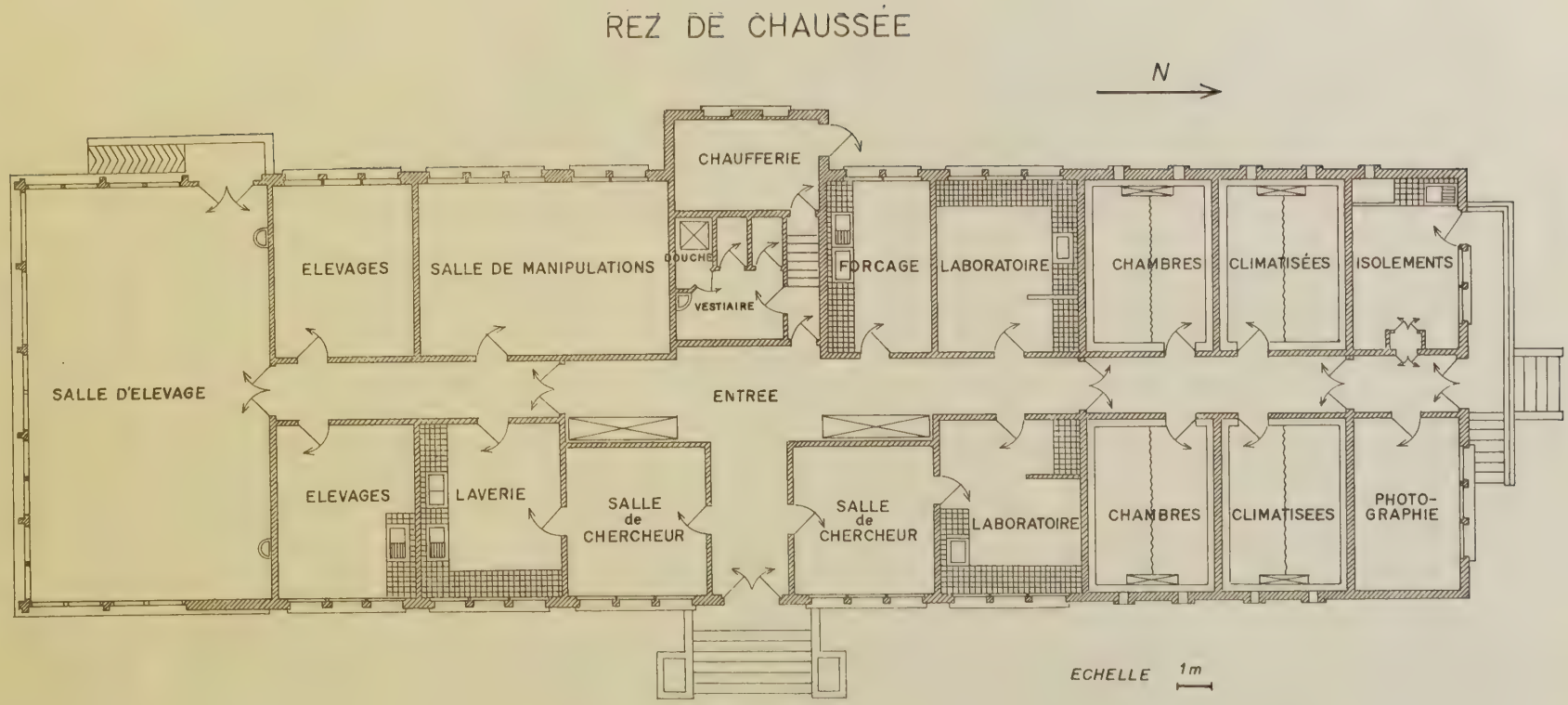

REZ DE CHAUSSÉE
N
CHAUFFERIE
ELEVAGES
SALLE DE MANIPULATIONS
DOUCHE
VESTIAIRE
FORCAGE
LABORATOIRE
CHAMBRES
CLIMATISÉES
ISOLEMENTS
SALLE D'ELEVAGE
ENTREE
ELEVAGES
LAVERIE
SALLE de CHERCHEUR
SALLE de CHERCHEUR
LABORATOIRE
CHAMBRES
CLIMATISEES
PHOTO-GRAPHIE
ECHELLE 1m

PLANCHE I.

dégagement assez vaste pour contenir les appareils d'usage courant et d'intérêt commun tels que étuves, armoires frigorifiques etc... il y a une grande laverie pour le nettoyage et la stérilisation, une vaste pièce de manipulation pour le montage de dispositifs expérimentaux, et enfin la salle de forçage. Celle-ci a un sol asphalté pour être aisément humidifié ; un brumisateur fournit l'appoint d'humidité en cas de nécessité et un chauffage électrique avec thermostat assure une température élevée ; l'étiolement des plantes est évité grâce à l'emploi de lampes du type « Phytorel » dont les radiations permettent une photosynthèse satisfaisante.

b) *L'aile droite* est affectée aux locaux d'élevages à la température ambiante.

Une grande salle de 12 m × 7 m vitrée sur trois côtés et exposée au Sud dans laquelle une poutre centrale distribue l'eau et l'électricité de sorte que des cloisons mobiles de diverses natures peuvent la partager en compartiments si cela est nécessaire, mais l'utilisation de toute la pièce sans cloisonnement est également possible. Le sol est recouvert d'asphalte et peut être inondé en permanence pour maintenir un taux d'humidité atmosphérique élevé.

Deux pièces de 20 m² munies de fenêtres ordinaires, et sans équipement spécial, sont destinées à de petits élevages variés n'ayant pas d'exigence particulière. Elles servent également à la préparation et au rangement des collections entomologiques, triage et montage des captures aux pièges lumineux par exemple.

c) *L'aile gauche* est réservée surtout aux 4 chambres climatisées. Chacune de ces pièces de 4,50 m × 3,50 m est divisée en deux parties égales par une cloison mobile de façon à réaliser le cas échéant, deux éclairements différents, quant à l'intensité, à la photopériode ou même au spectre, dans les mêmes conditions de température et d'humidité. Pour les trois chambres actuellement en fonctionnement le degré hygrométrique peut être maintenu à 5 p. 100 près entre 50 et 100 p. 100 et la température réglée à 1°C près entre 12° et 25°C. Sans modification de la température générale de la pièce l'équipement frigorifique est capable d'absorber les calories émises par des étuves installées à l'intérieur de chaque chambre pour la réalisation d'élevages dans des conditions thermiques légèrement différentes et beaucoup plus rigoureuses.

En outre, à l'extrémité Nord du bâtiment sont disposés deux locaux à vocation particulière ;

— une salle de prise de vue et de rangement pour la documentation photographique ;

— une pièce d'isolement communiquant avec le reste de l'Insectarium par un sas stérilisable aux rayons ultra-violets et réservé à l'élevage d'insectes dont l'état sanitaire est douteux.

B) **Le sous-sol du bâtiment principal** comporte 8 pièces de 5 m × 4 m affectées aux usages suivants : développement et tirage des clichés photographiques ; comportement des insectes normaux ou non, chambre froide ; élevages divers (dans cette pièce est installée actuellement une cage de 1,3 m intensément éclairée sur toutes ses faces pour l'obtention de l'accouplement de *Pieris brassicae* en conditions artificielles ; élevage des insectes souterrains (surtout larves de *Scarabeidae*) ; compresseurs pour les chambres climatisées et pour la distribution d'air comprimé ; quarantaine pour la mise en observation des insectes en provenance de la nature ; magasins à matériel et à produits.

Reçu pour publication le 3 mai 1960.

RÉFÉRENCES CITÉES

BURGERJON (A.). — L'utilisation des chenilles de *Pieris brassicae* L. comme « Insecte-test » de laboratoire dans un service de contrôle de préparations pathogènes insecticides. *Entomophaga*, **2**, 129-135, 1957.

BURGERJON (A.) et GRISON (P.). — Sensibilité de différents Lépidoptères à la souche « Anduze » de *Bacillus thuringiensis* Berliner, *Entomophaga*, **4**, 207-209, 1959.

BURGERJON (A.). — Titrage et définition d'une unité biologique pour les préparations de *Bacillus thuringiensis* Berliner. *Entomophaga*, **4**, 201-206, 1959.

DUMAS (N.) et HURPIN (B.). — Premières études sur la localisation de la Rickettsie de la maladie bleue des *Melolontha*. *C. R. Soc. Biologie*, **153**, 931-933, 1959.

GRISON (P.). — Développement sans diapause des chenilles de *Euproctis phaeorrhaea* (Lep. Liparides). *C. R. Acad. Sci.*, **225**, 1089-1090, 1947.

GRISON (P.). — Alimentation artificielle des insectes phytophages. *Ann. Sc. Zool.*, **10**, 59-65, 1948.

GRISON (P.) et de SACY (R.). — Les chenilles défoliatrices. *Bull. Horticole*. Liège, nº 6 et 10, 1954.

GRISON (P.) et de SACY (R.). — L'élevage de *Pieris brassicae* L. pour les essais de traitements microbiologiques. *Ann. Epiph.*, **4**, 661-674, 1956.

HURPIN (B.). — Étude de diverses souches de maladie laiteuse sur les larves de *Melolontha-melolontha* L. et sur celles de quelques espèces voisines. *Entomophaga*, **4**, 233-248, 1959.

HURPIN (B.). — Sur la biologie de *Cetonia aurata* L. (Coleopt. *Scarabeidae*). *Rev. Zool. Agric.*, **58**, 106-119, 1959.

LEES (A. D.). — The physiology of diapause in arthropods. *Cambridge Mon. Exp. B.*, **4**, 1-151, 1955.

MARTOURET (D.) et DUSAUSSOY (G.). — Multiplication et extraction des corps d'inclusion de la virose intestinale de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. *Entomophaga*, **4**, 253-260, 1959.

NIKLAS (O. F.). — Zur Temperaturabhängigkeit der Vertikalbewegungen Rickettsiose kranker Maikäfer-Engerlinge (*Melolontha* spec.). *Anz. Schädlings*, **30**, 113-115, 1957.

PASTEUR (L.). — Étude sur la maladie des Vers à soie, 1870.

UCHIDA (T.) et MASAKI (S.). — The effect of low temperature after high temperature treatment upon the induction of diapause in the cabbage army worm moth (Studies on diapause in the cabbage army worm moth I). *Oyo-Kontyu*, **8**, 1953.

UCHIDA (T.) et MASAKI (S.) — The effect of photoperiod on the induction of diapause in the cabbage moth *Barathra brassicae* L. (Studies on diapause in the cabbage moth II). *Mem. Fac. Agric. Hokkaido Univ.*, 2, 1954.

VAGO (C.). — Facteurs alimentaires et activation des viroses latentes chez les Insectes. *C. R. VI^e Congr. Int. Microbiol. Rome*, **74**, 138, 1953.

WAY (M. J.) et HOPKINS (B. A.). — The influence of photoperiod and temperature on the induction of diapause in *Diataraxia oleracea* L. (*Lepidoptera*). *J. Exp. Biol.*, **27**, 365, 1950.

WILLIAMS (C. B.). — Comparing the efficiency of insect traps. *Bull. ent. Res.*, **42**, 513-517, 1951.

Clichés Laboratoire de Lutte Biologique La Minière (Photos Noiré)

Fig. 1. — L'Insectarium. — Bâtiment principal.

Fig. 2. — L'Insectarium. — La grande salle d'élevage.

Fig. 3. — L'Insectarium — Intérieur de la salle d'élevage

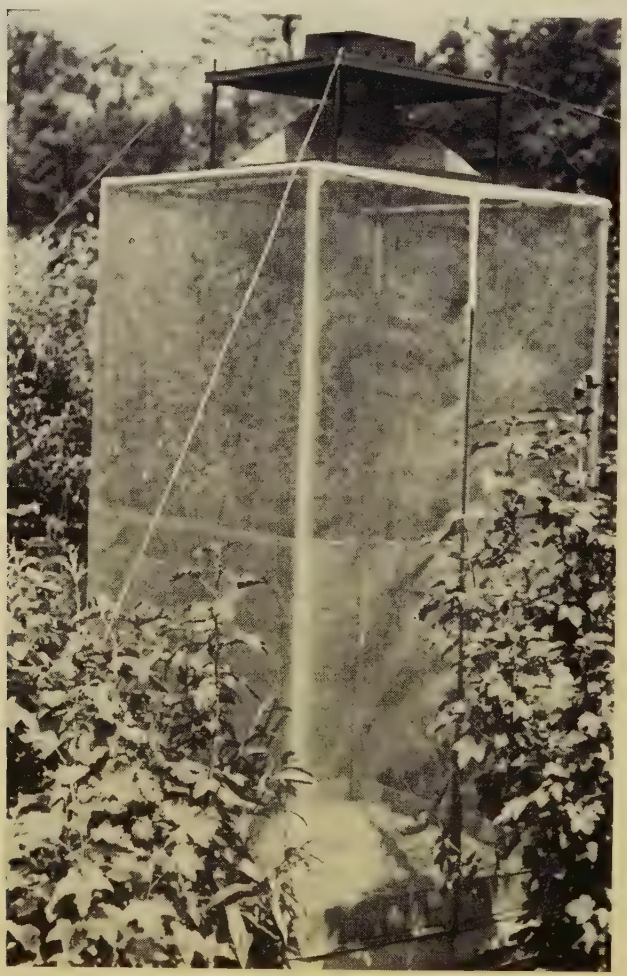


Fig. 4. — Dispositif de plein air Piège lumineux.

Fig. 5. — Dispositif de plein air : Bonnettes légères pour élevages temporaires.

Fig. 6. — Cages pour observations prolongées.

Fig. 7. — Dispositif d'élevage en plein air.

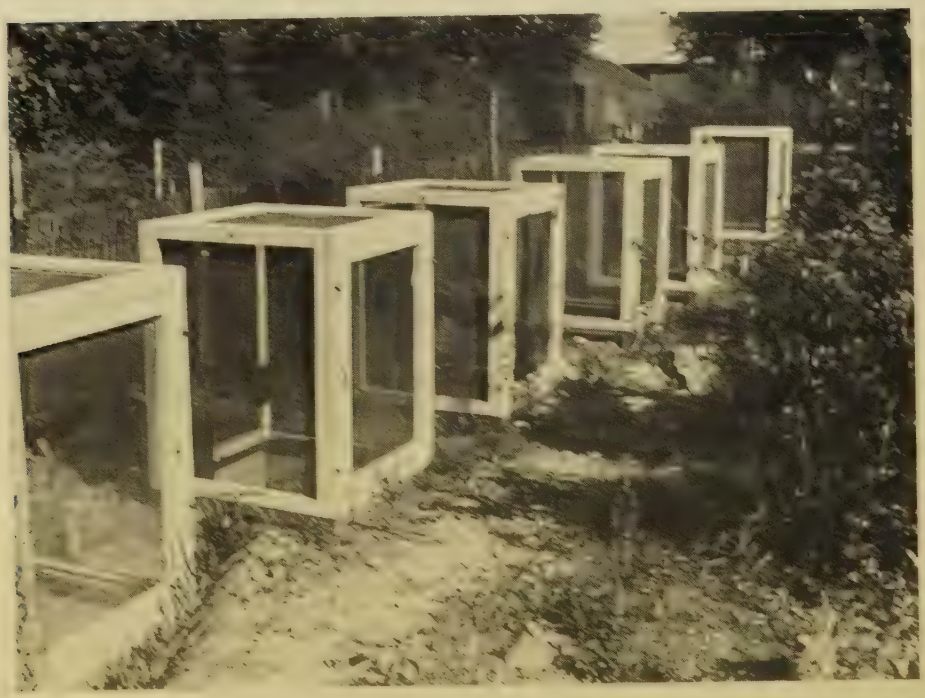


Fig. 8. — Dispositif de plein air : Cages pour observations prolongées.

Fig. 9. — Dispositif d'élevage en plein air.

Fig. 10. — Dispositif d'élevage en chambre climatisée.

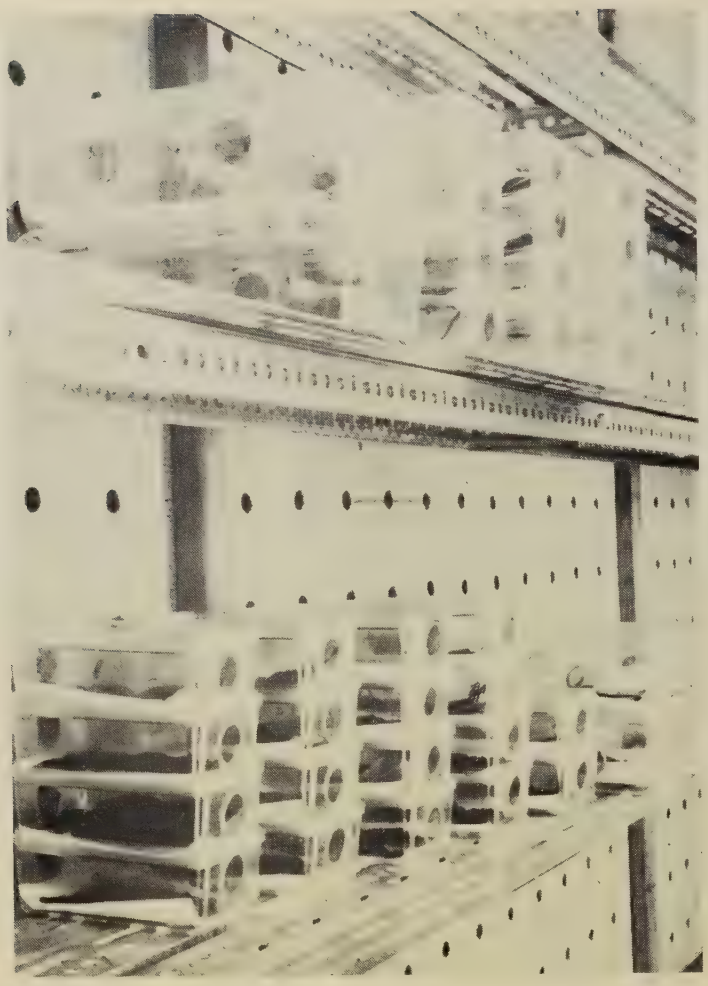


Fig. 11. — Dispositif d'élevage en chambre climatisée

Fig. 12. — Dispositif d'élevage en chambre climatisée

Fig. 13. — *Pieris brassicae* L. femelle en cours de ponte.

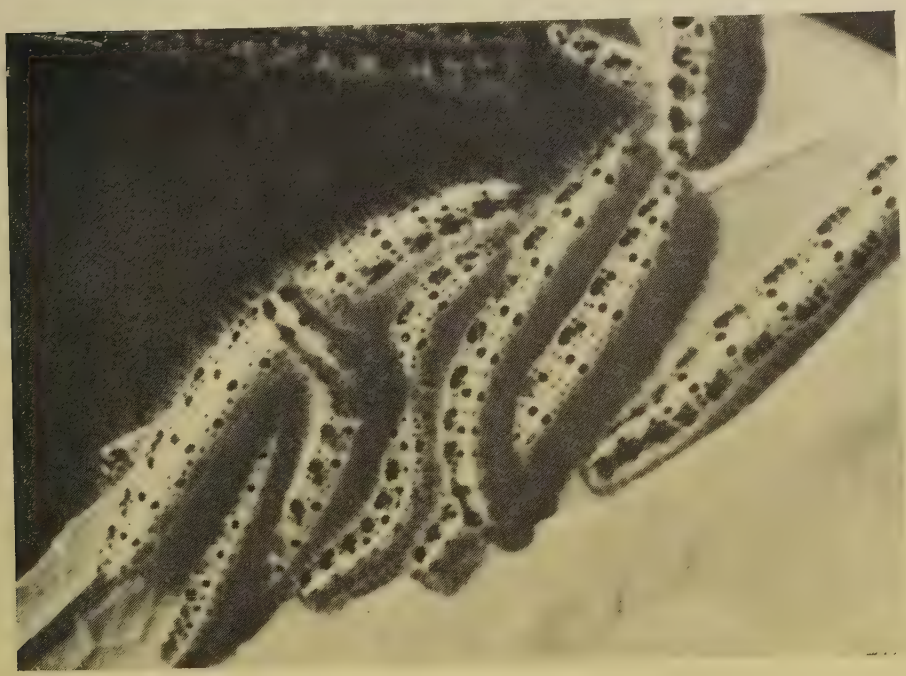


Fig. 14. — *Pieris brassicae* L. larves du dernier stade.

Fig. 15. — [illegible] L.

Fig. 16. — Larves de *Hyponomeuta malinellus* L.

Fig. 17. — *Herse convolvuli* L.

Fig. 19. — *Malacosoma neustria* L. Larves du 3e stade.

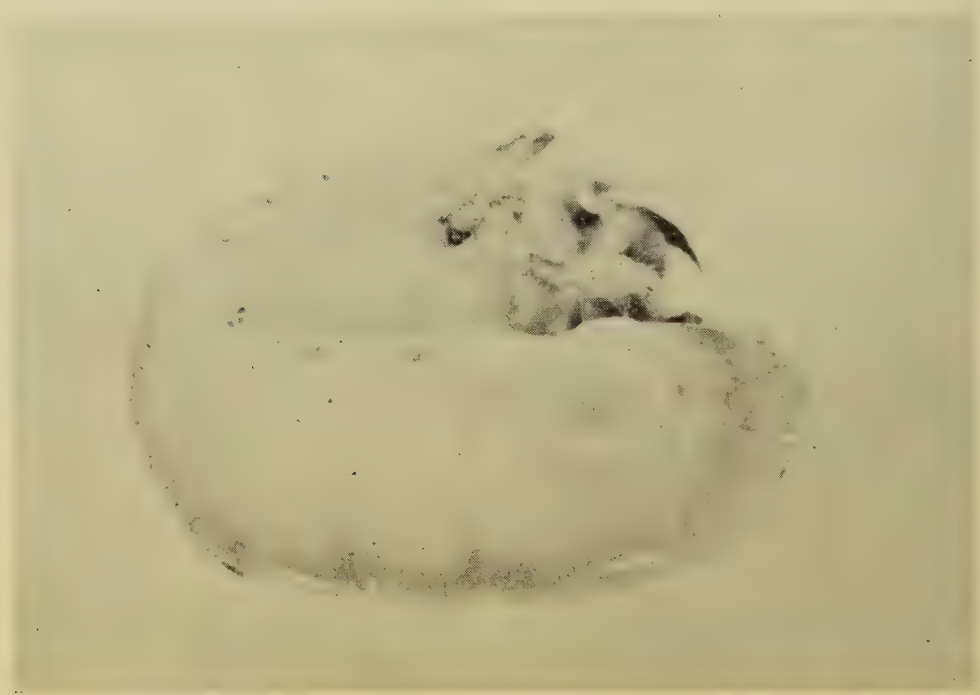


Fig. 20. — Larve de *M. melolontha* L. présentant les symptômes de la maladie laiteuse.

Fig. 21. — *Melolontha melolontha* L.

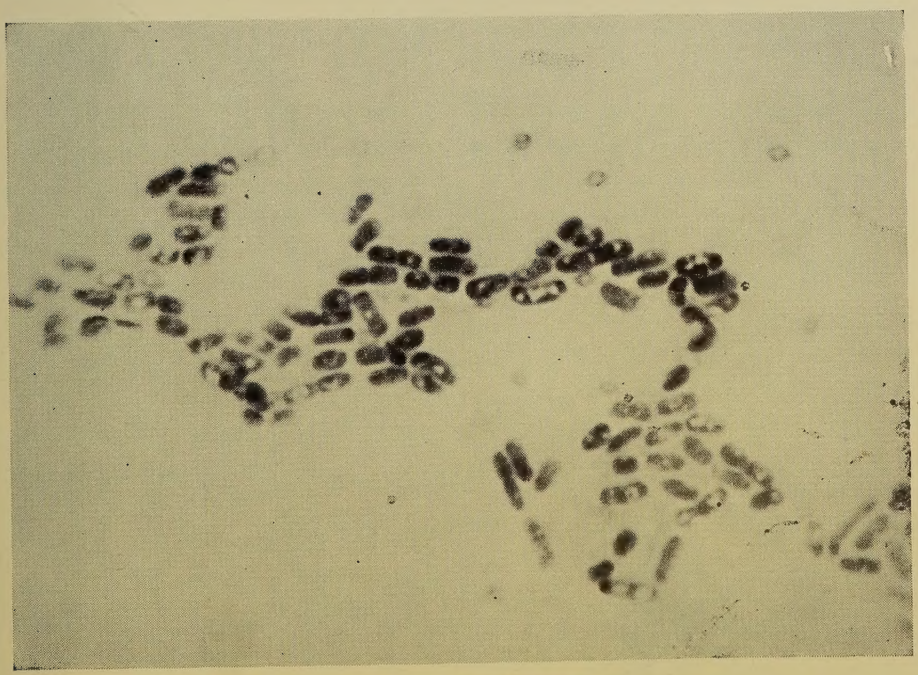


Fig. 22. — *Bacillus thuringiensis* Berl.

Fig. 23. — *Bacillus popilliae* souche *Melolontha.*

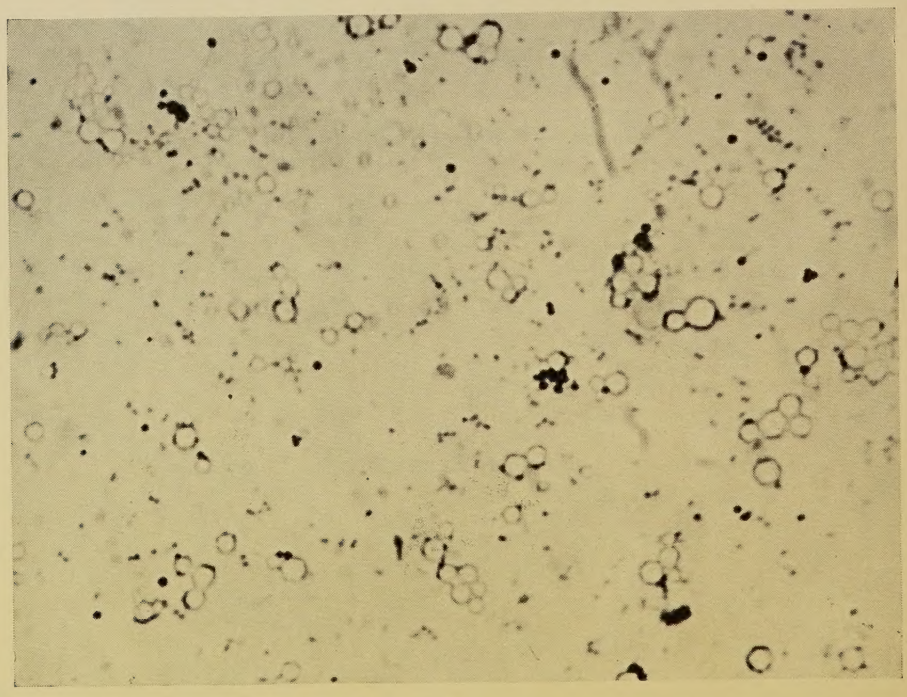


Fig. 24. — *Smithiavirus pityocampae.*

Le Directeur-Gérant : B. LACLAVIÈRE.

Imprimerie BUSSIÈRE à Saint-Amand (Cher), France. — 16-12-1960.
Dépôt légal : 1er trimestre 1961. *N° d'impression : 379.*

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

149, rue de Grenelle, PARIS-VII^e^. Tél. : INV 41.09.
Directeur : H. FERRU

Conseil Supérieur de la Recherche Agronomique

Président..... M. le Ministre de l'Agriculture.
Vice-Président ..... M. le Professeur LEMOIGNE, membre de l'Institut.

Comité Permanent de la Recherche Agronomique

Président..... M. le Professeur LEMOIGNE.
Membres ..... MM. les Professeurs BRESSOU, TERROINE.
Le Directeur de l'Institut National de la Recherche Agronomique,
L'Inspecteur général de la Recherche Agronomique,
Les Directeurs centraux de Recherches.

Rédaction des Annales

Pour l'ensemble des Séries : M. BUSTARRET, Inspecteur général de la Recherche Agronomique.

Agronomie. — M. BOISCHOT, Directeur de la Station centrale d'Agronomie.

Physiologie Végétale. — M. COÏC, Directeur de la Station centrale de Physiologie végétale.

Amélioration des Plantes. — M. MAYER, Directeur de la Station centrale de Génétique et Amélioration des Plantes.

Épiphyties. — M. DARPOUX, Directeur de la Station centrale de Pathologie végétale,
M. TROUVELOT, Directeur de la Station centrale de Zoologie agricole,
M. VIEL, Directeur du Laboratoire de Phytopharmacie.

Abeille. — M. CHAUVIN, Directeur de la Station de Recherches apicoles de Bures-sur-Yvette.

Zootechnie. — M. BUSTARRET, Inspecteur général de la Recherche Agronomique,
M. A.-M. LEROY, Professeur à l'Institut National Agronomique.

Technologie agricole. — M. FLANZY, Directeur de la Station centrale de Technologie des produits végétaux,
M. MOCQUOT, Directeur de la Station centrale de Technologie des produits animaux.

ADMINISTRATION ET SECRÉTARIAT DE LA RÉDACTION :
149, rue de Grenelle, PARIS-VII^e^. Tél. INV 41.09.

TARIF DES ABONNEMENTS POUR 1961

	FRANCE	ÉTRANGER	LE N°
ANNALES AGRONOMIQUES	50 NF	56 NF	9 NF 50
ANNALES DE PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE	30 NF	34 NF	8 NF
ANNALES DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES	35 NF	39 NF	9 NF 50
ANNALES DES ÉPIPHYTIES	35 NF	39 NF	9 NF 50
ANNALES DE L'ABEILLE	20 NF	22 NF	6 NF 50
ANNALES DE ZOOTECHNIE	40 NF	44 NF	11 NF
ANNALES DE TECHNOLOGIE AGRICOLE	35 NF	39 NF	9 NF 50
ANNALES DE BIOLOGIE ANIMALE	40 NF	44 NF	11 NF

Chaque demande de changement d'adresse doit être accompagnée de 0,40 NF en timbres-poste.

Les demandes d'abonnements et commandes d'ouvrages doivent être adressées au Régisseur des Publications de l'Institut National de la Recherche Agronomique, 149, rue de Grenelle, PARIS-VII^e^. C. C. P. : PARIS, 9064-43. Elles peuvent être également souscrites par l'intermédiaire de libraires dans les conditions habituelles.

TABLE DES MATIÈRES

GUILLEMAT (J.), CHARPENTIER (M.), TARDIEUX (P.) et POCHON (J.). — Interactions entre une chloro-amino-triazine herbicide et la microflore fongique et bactérienne du sol 261

ANGLADE (P.). — Incidences des façons culturales et des traitements chimiques sur les populations larvaires d'élaterides (*Agriotes ssp*) 297

BONFILS (J.) et SCHVESTER (D.). — Les Cicadelles (*Homoptera Auchenorhyncha*) dans leurs rapports avec la vigne dans le sud-ouest de la France 325

GUENNELON (M^me^ G.) et AUDEMARD (H.). — La Pyrale du Maïs, *Ostrinia* (*Pyrausta*) *nubilitis* HBN (Lépidoptères *Pyralidae*) dans la Basse Vallée du Rhône : Observations écologiques ; incidences économiques 337

GROSCLAUDE (C.). — Le plomb des arbres fruitiers 397

RICOU (M^me^ G.). — *Note technique :* Méthodes d'élevage au Laboratoire de quelques Cicadelles vivant sur graminées 419

HURPIN (B.). — *Note technique :* L'Insectarium de la Minière 423

I. N. 009.135